

SISTEMA EFECTO TÁSER PARA DISPOSITIVO MÓVIL COMO MÉTODO
ANTIRROBO

JOSÉ NELSON MAYORGA RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2021

SISTEMA EFECTO TÁSER PARA DISPOSITIVO MÓVIL COMO MÉTODO
ANTIRROBO

JOSÉ NELSON MAYORGA RODRÍGUEZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

ASESOR: JUAN GUILLERMO TORRES

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2021



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. [Advertencia.](#)

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material.

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia.

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la [misma licencia](#) del original.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan [legalmente](#) a otras a [hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Ciudad y Fecha (día, mes, año) (Fecha de entrega)

A Dios, A La Virgen, A mis
Padres, A Mi Esposa y A Mis
Hijos.

AGRADECIMIENTOS

Al ser que sin dudar estuvo ahí, me apoyó de principio a fin, brindándome fe, fortaleza y ánimo para culminar esta carrera tan demandante. **Mi mamá.**

***Madre mía**, quiero agradecerte por todo lo que me has brindado en la vida, tu apoyo incondicional para sacar esta profesión adelante, por hacerme la segunda las millones de veces que te he necesitado, por no desampararme en los tiempos difíciles y en los momentos que he tenido que ausentarme y estar lejos de casa, pero sobre todo, que a pesar de todas tus dolencias de salud, puedas verme graduar y te sientas orgullosa que a mi edad con tanto esfuerzo, sacrificio y noches en vela, he finalizado esta carrera.*

A mi padre por su acompañamiento, prestancia y soporte. Por todas las veces que ha corrido a socorrerme en los momentos que lo he necesitado. Por sentirse orgulloso de tener un hijo veterano como Ingeniero. **Gracias Papá.**

A mi esposa y a mis hijos por su apoyo, soporte, ánimo y compañía, que no me dejaron desfallecer en muchas tantas que quise hacerlo. Ahí estuvo sobre todo **Ella** al frente de mis hijos en todos los momentos que no estuve, absorbido por la universidad y los viajes.

A mis hermanas Cela y Mayris, a mis sobrinos Nicolás futuro Ingeniero Químico y Juan Sebastián futuro Ingeniero Civil, sin quedarse atrás dentro de los ingenieros de mi familia, mi hija Sarita futura Ingeniera Mecatrónica.

A mi hijo Julián, con la ilusión de emprender su futuro en Francia como futuro Médico, que mi Dios lo guíe y lo proteja sin que nunca me lo desampare.

Agradezco al Ingeniero Daniel Eduardo Ávila Velandia, docente de la Universidad Católica de Colombia del Programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, quien desde un principio creyó en este proyecto, me apoyó y me animó a realizarlo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	18
	8
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	21
3.2 JUSTIFICACIÓN.....	21
4. MARCO TEÓRICO.....	24
4.1 VERSIONES TÁSER.....	25
4.2 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA TÁSER.....	35
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
5.1 MATERIALES.....	48
5.2 METODOLOGÍA.....	48
5.2.1 Recopilación Información.....	49
5.2.2 Selección de Herramientas.....	49
5.2.3 Características Físicas del Prototipo y sus Componentes.....	49
5.2.4 Pruebas e Implementación.....	49
5.2.5 Análisis de Resultados.....	49
5.2.6 Ensamblaje Global.....	50
6. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	51
6.1 CREACIÓN DEL PROTOTIPO FUNCIONAL.....	58
6.1.1 Base de Datos.....	59
6.1.1.1 Parte Electrónica.....	59
6.1.1.1.1 Fuente de Energía.....	59
6.1.1.1.2 Circuito Multiplicador.....	61
6.1.1.1.3 Electrodo.....	65

6.1.1.2 Parte Estructural.....	67
6.1.1.2.1 Dispositivo Móvil.....	67
6.1.1.2.2 Carcasa Celular.....	69
6.2 PROCESO MODELAMIENTO 3D.....	72
6.2.1. Base de Datos.....	73
6.2.1.1 Modelamiento 3D.....	73
7. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	80
8.	
CONCLUSIONES.....	977
9. RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores de Corrientes Soportados por el Ser Humano y sus Respectivos Efectos.....	33
Tabla 2. Valores de Aplicación Corriente Eléctrica Pistola Táser.....	35
Tabla 3. Variables que Influyen en la Descarga Eléctrica Corporal.....	84
Tabla 4. Variables de la Resistencia Eléctrica del Cuerpo Humano Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.....	85
Tabla 5. Impedancias del Cuerpo Humano.....	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Jack Cover con una de las primeras versiones del Táser.....	24
Figura 2. Táser C2.....	26
Figura 3. Táser X26.....	27
Figura 4. Esquema de funcionamiento básico del Táser X26.....	28
Figura 5. Táser M26.....	29
Figura 6. Táser X2.....	30
Figura 7. Fusil X12.....	31
Figura 8. Fusil X12 al disparar proyectil de tres (3) aletas.....	32
Figura 9. Cartucho de Escopeta Táser.....	33
Figura 10. Amperajes.....	34
Figura 11. Bobina.....	36
Figura 12. Bobina Fija.....	37
Figura 13. Bobinas Variables.....	38
Figura 14. Partes de un transformador.....	39
Figura 15. Partes principales transformador.....	39
Figura 16. Devanado Primario – Núcleo – Devanado Secundario.....	40
Figura 17. Condensadores Eléctricos.....	41

Figura 18. Láminas Conductoras – Dieléctrico.....	42
Figura 19. Diodo.....	43
Figura 20. Diodo Zener.....	43
Figura 21. Servidor Personal Intel (Imagen Friki del Servidor).....	45
Figura 22. Phone Security.....	46
Figura 23. Cell Phone Stun Guns.....	47
Figura 24. Diagrama de Bloques Funcionamiento del Sistema.....	48
Figura 25. Multiplicador de Tensión.....	51
Figura 26. Transformador Elevador.....	52
Figura 27. Transformador Elevador.....	53
Figura 28. Sistema Multiplicador de Tensión – Prueba de Escritorio (Cuaderno de Notas).....	53
Figura 29. Simulación en Proteus - Multiplicador de Voltaje.....	54
Figura 30. Simulación en Falstad - Multiplicador de Voltaje.....	55
Figura 31. Simulador de Circuitos de Falstad – Pantalla de Arranque.....	57
Figura 32. Diagrama de Bloques Creación del Prototipo Funcional.....	58
Figura 33. Circuito Integrado 555.....	59
Figura 34. Cargador de Batería Litio TP4056 Micro USB.....	61
Figura 35. Primera Etapa del Circuito Multiplicador de Tensión.....	62
Figura 36. Segunda Etapa del Circuito Multiplicador de Tensión.....	63

Figura 37. Tercera Etapa del Circuito Multiplicador de Tensión.....	64
Figura 38. Cuarta Etapa del Circuito Multiplicador de Tensión.....	65
Figura 39. Electrodo (Bandas Metálicas Conductoras Puestas En Cada Extremo Del Celular De Forma Interna).....	66
Figura 40. Electrodo Conectados Circuitalmente al Multiplicador de Voltaje.....	66
Figura 41. Electrodo Estructura Interna Táser.....	67
Figura 42. Modelamiento Carcasa Celular en Tinkercad.....	68
Figura 43. Caja Protectora del Circuito Potencializador.....	69
Figura 44. Modelamiento 3D Carcasa Vista Interna.....	70
Figura 45. Modelamiento 3D Carcasa Vista En Todas Las Dimensiones.....	71
Figura 46. Diagrama de Bloques Proceso de Modelamiento en 3D.....	73
Figura 47. Preparación Modelo 3D Para Impresión (Carcasa).....	74
Figura 48. Modelo A Imprimir en 3D En Ejes X, Y, Z.....	75
Figura 49. PLA (Ácido Poliláctico).....	75
Figura 50. Dimensiones del Modelo A Imprimir (Carcasa).....	76
Figura 51. Tiempo de Impresión + Gasto de Material del Modelo A Imprimir.....	76
Figura 52. Componentes de la Impresora 3D Ender 3 – V2.....	78
Figura 53. Impresora 3D Ender 3 – V2.....	79
Figura 54. Simulación en Proteus Oscilador 555.....	82
Figura 55. Simulación Proteus Integración Circuitual Todo Sistema Efecto Táser..	83

Figura 56. Simulación Circuitual en Proteus del Valor de la Corriente Soportado por el Ser Humano.....	86
Figura 57. Simulación en Proteus Descarga Acorde a la Tabla Resistiva del Cuerpo Humano.....	87
Figura 58. Simulación en Proteus Caída de Voltaje.....	90
Figura 59. Baterías de 3,7 V / 650 mA Recargable + Cargador + Cable Cargador USB.....	91
Figura 60. Oscilador 555.....	92
Figura 61. Transformador Elevador.....	92
Figura 62. Multiplicador de Voltaje en Proteus Modelado 3D.....	93
Figura 63. Diseño del Circuito Impreso por Debajo de las Pistas en PCB (Multiplicador de Voltaje).....	93
Figura 64. Diseño del Circuito Impreso por Encima de las Pistas en 3D (Multiplicador de Voltaje).....	94
Figura 65. Disposición del Componente Circuitual en la Caja Protectora.....	94
Figura 66. Modelo Global del Circuito y Prototipado.....	96

GLOSARIO

CAPACITOR: Dispositivo que almacena carga eléctrica formado por dos placas metálicas paralelas, de la misma superficie y encaradas, separadas por una lámina no conductora o dieléctrico.

CORRIENTE: Circulación de cargas eléctricas entre dos (2) puntos con una diferencia de potencia entre ellos. Se mide en Amperios (A).

DISPARO ELÉCTRICO: Apertura no voluntaria de un interruptor. Apertura automática de un dispositivo por funcionamiento de la protección para desconectar uno o varios elementos de un circuito o sistema.

ELECTRÓNICA DE POTENCIA: Circuitos electrónicos, cuya función es procesar y controlar el flujo de energía eléctrica con voltajes y corrientes en niveles manejados por dispositivos de uso común ideales para las cargas de los usuarios.

FALSTAD: Software de simulación accesible vía Internet y de libre distribución. Tiene como característica principal, la precarga de muchos circuitos, aparte de poder crear los propios.

IMPEDANCIA: Oposición al paso de la corriente. Se compone de una parte resistiva (Resistencia al paso de Electrones), una capacitiva y una inductiva (Efectos de acumulación y eliminación de electrones). Se mide en Ohmios (Ω).

IMPRESIÓN 3D: Tecnología innovadora que permite crear objetos físicos desde un modelo digital de forma tridimensional a través de la superposición de capas sucesivas de material.

MULTIPLICADOR DE TENSIÓN: Circuito eléctrico que convierte tensión desde una fuente de corriente alterna (CA) en corriente continua (CC) de mayor voltaje mediante etapas de diodos y condensadores.

PLA: (Ácido Poliláctico) Es un polímero biodegradable, sin emisiones tóxicas que se produce a partir del ácido láctico y se fermenta a partir de cultivos de maíz. Ideal para impresoras 3D.

PROTEUS: Software de simulación digital y analógico, en el que se diseñan y simulan circuitos electrónicos con la ayuda de la librería que posee.

SIMULADOR CIRCUITAL: Herramienta de carácter informático, que al reproducirlo en el aparato electrónico en el que se esté trabajando (Laptop, Computador de Escritorio o Tablet), compruebe el funcionamiento del circuito electrónico, para que se pueda comparar con el resultado esperado.

SOFTWARE DE MODELAMIENTO: Técnica informática de modelado de ayuda visual, para construir de forma abstracta un modelo que ayuda a optimizar un prototipo real.

TÁSER: Arma incapacitante de baja letalidad y de control eléctrico con pulsos depurados (descargas) de duración cinco (5) segundos, ocasionando descontrol en brazos y piernas en el individuo, cesando su actitud agresiva sin producir ningún efecto dañino en el cuerpo humano.

TENSIÓN: Trabajo que ha de realizar un campo eléctrico para mover una carga desde un punto (con un potencial determinado) hasta otro punto (con otro potencial determinado), dividido por la unidad de carga.

TINKERCAD: Es un software gratuito dimensionado en 3D por una geometría sólida constructiva (CGS) que posee. Crea modelos complejos combinando objetos simples y dando al usuario libertad de modelado.

TRANSFORMADOR ELEVADOR: Permite tener un voltaje de entrada de 3 a 5 v y un voltaje de salida acorde a una bobina secundaria, arrojando una tensión mayor.

ULTIMAKER CURA: Software en el que se pueden modificar los parámetros de impresión y transformarlos a un código G. Proporciona una interfaz gráfica que prepara modelos para impresión 3D.

RESUMEN

El desarrollo de este Trabajo de Grado, se centró en un proyecto electrónico circuital que abarcó la Electrónica de Potencia, pero a su vez e indirectamente, en contrarrestar un fenómeno social dimensionado en la inseguridad, enmarcado en el robo, hurto o atraco a los aparatos móviles, sin tener en cuenta la modalidad usada para tal fin (a mano armada, arma blanca, arma de fuego, raponazo, cosquilleo, etc, etc, etc). Y aunque se pueden considerar muchas formas de evitar este flagelo para dichos aparatos, nada logra detener este cáncer social. Por lo tanto, se contribuyó con una propuesta de optimización a la sociedad, para mitigar directamente esta abrupta situación, a través de la incorporación de un elemento circuital de protección en el dispositivo móvil, generando en este, una descarga eléctrica no letal al momento de ser tomado por manos ajenas. Este efecto de descarga eléctrica no letal es conocido como efecto Táser, incorporándolo al dispositivo móvil de comunicación de manera intrínseca, estando el sistema dentro del aparato y haciendo parte de él. Su funcionalidad se encontró a la orden del mecanismo utilitario de este, activándolo o desactivándolo, siendo así, seguro al propietario, para que por accidente no exista una autoflagelación con la descarga eléctrica, ya que el efecto en el aparato es como método antirrobo y no como arma de defensa personal. Dicho aparato móvil, se proyectó a ser un objeto paralizante, potencializando una descarga eléctrica al asaltante, y a su vez conservando todas las funciones propias del aparato. El dispositivo al momento de ser hurtado (por contacto directo), activa de forma inmediata una serie de pulsos eléctricos causando contracción a los músculos (pérdida del control muscular) e inhibición al sistema nervioso sensorial, obligando al individuo por acción refleja a soltar de forma inmediata dicho elemento hurtado. La ergonomía en dicho aparato también se encuentra presente, siendo ajustable a diferentes dispositivos móviles y cumpliendo a su vez, la aplicación de seguridad y antirrobo al usuario. Se enfatizó, que el aparato móvil se encuentra en el marco de ser un dispositivo de seguridad para el usuario y no un dispositivo de agresión al individuo que lo roba, ya que este por su efecto Táser, descarga la carga eléctrica necesaria para tal fin, y no obrando como arma de disparo eléctrico. Ya culminado este pretencioso proyecto a manera de simulación y de forma conceptual, teniendo su respectivo análisis e interpretación de resultados, se direcciona a una serie de conclusiones y recomendaciones encaminadas a engrandecer, a mejorar y a dar continuidad a tan osado Trabajo de Grado.

PALABRAS CLAVE: Corriente, Diodo-Capacitor, Disparo Eléctrico, Electrónica de Potencia, Falstad, Impedancia, Impresión 3D, Multiplicador de Tensión, PLA, Proteus, Simulador Circuitial, Software de Modelamiento, Táser, Tensión, Tinkercad, Transformador Elevador, Ultimaker Cura.

1. INTRODUCCIÓN

El Táser es considerado actualmente como arma incapacitante de baja letalidad, sus exposiciones están diseñadas para tener duraciones cortas, su descarga dura cinco (5) segundos sin producir ningún efecto dañino en el cuerpo humano según lo enuncia el Netpol Police Institute en su artículo El Táser: Historia, verdades y mitos del 5 de julio de 2018. Su peligro, para que se sufra un daño, está relacionada con la dimensión y la permanencia de la potencia eléctrica. Este dispositivo de control eléctrico con pulsos depurados de duración cinco (5) segundos, ocasiona descontrol en brazos y piernas en el individuo cesando su actitud agresiva.

Su descarga eléctrica es de 50.000 voltios de pico máximo al disparar al aire los polos, que están alejados entre ellos cinco (5) cm, cuando es accionado el Táser, se ejecuta un brinco de electrones de un polo al otro uniéndose entre sí como un arco de luz azulada. Los 50.000 volts de pico máximo se originan al momento que los electrones atraviesan esos cinco (5) cm de aire que, al entrar al órgano corporal, los volts caen hasta 1.200 voltios.

Cuando este voltaje entra al cuerpo, los amperios de dicho voltaje son los que viajan a través del cuerpo. Su efecto letal pende de la fuerza y no del voltaje; esa intensidad está en el orden de 0,001 amperios (1 miliamperio), produciendo un efecto fisiológico de cosquilleo en el área de contacto. Aun aplicándose corrientes de 0,01 amps (10 milliamps) se producen espasmos musculares sin efectos colaterales para la salud en duraciones cortas.

Al aumentar la intensidad (los amperios) y su duración, se produce asfixia, ataque cardíaco y muerte; este aumento se considera a partir de los 0,05 amperios (50 miliamperios) afectando todos los músculos del cuerpo. Tanto es, que un chispazo de CA y un tiempo de un (1) segundo, con intensidad de 0,075 amps (75 milliamps) a 0,1 amperio (100 miliamperios), se produce fibrilación ventricular, arritmia (inhabilidad del corazón para hacer circular la sangre), ocasionando muerte súbita.

Por lo tanto, las manifestaciones cortas a intensidades eléctricas de menos de 0,01 amps (10 miliamperios), se consideran no nocivas para la salud. Así que, al aumentar la cuantía de intensidad aumenta el peligro de fallecer, y al ser el amperaje bajo, este riesgo se desvanece. Por lo tanto, se afirma que, si hay un alto voltaje y el amperaje es bajo, no produce daños; caso contrario, en bajo voltaje y amperaje alto.

La puesta en escena del aparato móvil, está proyectada a ser un objeto paralizante, que potencialice una descarga eléctrica al asaltante, pero conservando todas las funciones intrínsecas del aparato como su tecnología, apps y demás funciones. El aparato al momento de ser hurtado (por contacto directo), activará de forma

inmediata una serie de pulsos eléctricos causando contracción a los músculos (pérdida del control muscular) e inhibición al sistema nervioso sensorial, obligando al individuo por acción refleja a soltar ipso facto dicho elemento hurtado.

El efecto Táser (descarga eléctrica no letal) se incorporará al dispositivo móvil de comunicación de manera intrínseca; es decir, el sistema estará adentro del aparato y hará parte de él. Su activación y desactivación estará dentro de las aplicaciones de este, asegurando al propietario que por accidente no se vaya a auto flagelar con la descargar eléctrica, ya que su funcionalidad es como método antirrobo y no como arma de defensa personal.

El proyecto además, contemplará un plus basado en un sistema ergonómico, ajustable a diferentes dispositivos móviles, de forma que cumpla a su vez, la aplicación de seguridad y antirrobo al usuario. Cabe resaltar que el aparato móvil está enmarcado como dispositivo de seguridad para el usuario en primera instancia y no como dispositivo de agresión al individuo que lo roba, ya que este por su efecto Táser, descarga la carga eléctrica necesaria para tal fin, y no obrando como arma eléctrica de disparo de dardos incapacitantes.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema Táser en un dispositivo de comunicación móvil como método antirrobo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Revisión bibliográfica basada en aplicación y funcionalidad del sistema Táser.

Analizar los elementos que conforman el sistema Táser y producen descarga eléctrica.

Diseñar un prototipo para su validación funcional y experimental.

Simular un circuito electrónico para generar descargas eléctricas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Táser como arma incapacitante de baja letalidad, es el único instrumento de esta condición que obstaculiza en la contestación motriz corporal, expidiendo descargas eléctricas de alta tensión, baja intensidad y corta permanencia, interfiriendo con los impulsos nerviosos de las fibras neuronales, actuando como disruptor neuromuscular. La impulsión que expiden los Táser son análogas a las señales utilizadas por los nervios. Estas ondulaciones ocasionan interrupciones en las conexiones del sistema nervioso, toman control de él e impiden movimientos voluntarios de brazos, piernas y manos. Produciendo sensación de dolor e incapacitación electromuscular temporal a través del control de los nervios motores y sensoriales al mismo tiempo. Esta incapacitación causa contracción en los músculos interfiriendo en el sistema nervioso sensorial y motor, aturdiendo al individuo, neutralizándolo y tomando el dominio del encogimiento de sus músculos.¹

En el presente documento se pretende, investigar, conocer e impulsar tecnología que mitigue el robo a celulares a través de un mecanismo de protección autónomo del aparato, que dispare un efecto Táser al momento de ser hurtado o tomado por una persona ajena a este, con el fin de que, por una descarga eléctrica al contacto con el dispositivo móvil, este sea soltado inmediatamente.

Por lo tanto; la pregunta de investigación es ¿Cómo incorporar el efecto Táser en un dispositivo móvil de telefonía celular, para mitigar y prevenir el robo a celulares?

3.2 JUSTIFICACIÓN

En Colombia, Según “El Nuevo Siglo” en su publicación vía internet del día domingo, 6 de septiembre de 2020, a diario es robado en promedio 323 celulares, resaltando de la misma forma: El general Vargas, en diálogo con EL NUEVO SIGLO, explicó que, desde el primero de enero de 2019 a la fecha, se registra el hurto de 130.350 celulares.² Como hecho significativo de tales robos, que intimidan a la población

¹ Netpol Police Institute. "El Táser: Historia, Verdades y Mitos." U.S. 5 Julio 2018. Disponible en: <https://netpol.es/blog/2018/07/el-taser-historia-verdades-y-mitos/>

² El Nuevo Siglo. "A diario roban 323 celulares en el país." 06 Sept. 2020. Disponible en: <https://elnuevosiglo.com.co/articulos/06-2020-al-diario-roban-323-celulares-en-el-pais>

colombiana, que en muchas ocasiones ponen en peligro su vida y que en otras tantas ocasionan la muerte, se decide en este proyecto, incorporar al aparato celular en físico, que al momento que un individuo ajeno a dicho artefacto busque tomarlo, sufra una inmovilización temporal a través de una onda eléctrica que se atasque en el sistema nervioso. Utilizando así, en este ornamento el efecto TÁSER como arma eléctrica conducida (CEW – Conducted Electric Weapon) no letal, que entrega pulsos cortos de energía de alto voltaje y baja corriente, paralizando temporalmente a una persona por contracción muscular.

En Bogotá, según “Noticias Caracol” en su publicación vía Internet del día jueves, 6 de agosto de 2020, a diario en Bogotá es robado en promedio 142 teléfonos celulares, los robos ocurren en cualquier lugar de Bogotá, a cualquier hora y en cualquier momento, las víctimas son sorprendidas mientras chatean o hablan por celular, los hurtos son cometidos desde motos, ciclas, a pie e incluso desde vehículos particulares, entre varios, con raponazo, intimidación, arma blanca o arma de fuego; el robo de celulares es un asunto económico, por un solo celular robado al día, trabajando de lunes a viernes, con un pago de \$100.000= a \$300.000= por él, se puede llegar hasta \$2'000.000= al mes, llevando a que es mucho más fácil robarse un celular en Colombia que tener un trabajo estable.³

Dicho lo anterior, el documento expondrá un breve análisis, sobre el tema de investigación en cuestión, encaminado a un mecanismo de protección por parte del usuario en pos de proteger su bien propio, incorporando el efecto Táser al aparato móvil, como artefacto eléctrico no letal de inmovilización temporal, mediante descargas eléctricas, buscando que el bandido por medio de una contracción muscular suelte inmediatamente el aparato al momento de su contacto.

Con el equipamiento del celular con el efecto Táser, se busca que una situación potencialmente peligrosa y con consecuencias extremas, salve la vida tanto del dueño del aparato como la del hurtador, reforzando una medida de seguridad en protección al bien propio, a la vida del usuario y al del mismo hurtador a través del aturdimiento, como artefacto no letal, por medio de un chip o software incorporado

³ Noticias Caracol. "Cada día en Bogotá reportan el hurto de 142 teléfonos celulares." 06 agosto 2020. Disponible en: <https://noticias.caracoltv.com/bogota/cada-dia-en-bogota-reportan-el-hurto-de-142-telefonos-celulares>

en el aparato móvil. La idea es, un objeto paralizante que potencialice una descarga eléctrica al asaltante, pero conservando todas las funciones intrínsecas en el celular como su tecnología, apps y demás acciones.

4. MARCO TEÓRICO

El origen del Táser data del año 1.966 sucedido del desarrollo de un proyecto de blasones no letales que el presidente Johnson solicitó a la NASA. El Ingeniero Jack Cover, jefe de ingenieros de la época, que trabajaba en el programa espacial Apollo, participó en dicho proyecto, que entre los años 1966 a 1974, averiguó que los latidos de corriente intensa y de muy corta persistencia (microsegundos) no eran dañinas, pero poseían gran secuela fisiológica y psicológica en los seres humanos.

Por un espacio de tres (3) años (1971 a 1974), efectuó ensayos con voluntarios humanos, supervisado por el Dr. Frank Summers más dos (2) cardiólogos y un (1) fisiólogo. Con las pruebas y los análisis elaborados, desplegó en 1974 el primer Táser de 7 watts de resistencia, estimado legítimamente como arma de fuego por utilizar explosivo negro como carga de proyección. En la figura 1 se presenta una de las primeras versiones del Táser.

Figura 1: Jack Cover con una de las primeras versiones del Táser



Fuente: <https://www.netpol.es/blog/2018/07/el-taser-historia-verdades-y-mitos/>

En 1993 no fue más considerado arma de fuego, al no utilizar pólvora negra, debido al desarrollo de un Táser de 7 vatios de polímero de alto impacto con efectos similares al primero. En 1994 se evolucionó en un Táser que usaba como impulsor

un receptáculo de nitrógeno reducido, con un dispositivo de ajuste automático para el régimen de pulsaciones de energía, pero los 7 vatios de potencia no eran eficaces al pretender controlar un agresor muy combativo.

En 1996 se creó la tecnología de incapacitación electro muscular con niveles de control más altos, de 26 vatios de potencia, originando este en 1999 el primer aparato de mediación electrónica que, sin ser un arma de fuego, detenía sujetos belicosos hondamente acometedores, incapacitando temporalmente su sistema nervioso sensorial y motor. Pero, hasta el 2002 se depuró los pulsos de estos dispositivos, mejorando la capacidad con niveles de energía mucho más bajos y escalones de control más altos ante personas violentas. Ya, en 2003 se crea el primer elemento de dominio electrónico con técnica de pulsos expurgados, funcionando con la quinta parte de la energía del anterior Táser y aumentando un 5% su efectividad.

4.1 VERSIONES TÁSER.

Como se mencionó anteriormente, el Táser (Thomas A. Swift's Electric Rifle), evolucionó como arma eléctrica de inmovilización y empezó a estar disponible en sus versiones:

- **C2:**

Tiene un índice de efectividad de casi el 100%. Combina los beneficios de reducción de lesiones de la tecnología tradicional de aturdimiento, con un salto cuántico en la potencia de frenado a través de la nueva tecnología de incapacitación neuromuscular (NMI). Dispara dos (2) dardos conectados a 15 pies de alambre. 50.000 voltios viajan a través de los cables y anula el sistema nervioso central, lo que proporciona una gran potencia de derribo.

Puede detener una amenaza a una distancia de hasta 4,5 m, permitiendo una distancia segura de protegerse de un atacante. Funciona como dispositivo de aturdimiento de contacto para repeler a alguien. Se usa como pistola paralizante normal de autodefensa eficaz para facilitar la detención de una amenaza de una situación estresante. Al dispararse el Táser C2, entrega una ráfaga de energía de 30 segundos, dando una ventana de oportunidad para ponerse a salvo.⁴

⁴ Productos de Autodefensa. "Dispositivos Táser (Nueva versión – Descripciones detalladas y lista de precios)." 09 junio 2011. Disponible en: <https://selfdefenceproducts-cameras.blogspot.com/2011/06/taser-devices-new-version-detail.html>

Es fácil de usar y utiliza una tecnología de puntería precisa que hace que sea imposible perder al atacante y como arma no letal, no lleva a la cárcel al usuario del dispositivo, con 15 pies de protección personal, más luz LED para ver a los alrededores. Es una pistola paralizante de respaldo cuando las sondas ya se han desplegado, con un aturdimiento en el individuo de 30 segundos, no se requiere permisos de uso en la mayoría de los EE.UU., no tiene retroceso al disparar, por lo cual no lastima el hombro del usuario, a parte que no usa pólvora.⁵ En la figura 2 se presenta el Táser C2.

Figura 2: Táser C2



Fuente: <https://www.selfdefenceproducts-cameras.blogspot.com/2011/06/taser-devices-new-version-detail.html>

- **X26:**

Su diseño y forma con alza y punto de mira tiene similitud a un arma de fuego, con empuñadura tal como una pistola, posee un disparador, palancas de accionamiento de seguro manual como el de cualquier arma de fuego. Por estas razones, para evitar confusiones con un arma de fuego real, se le dio a este aparato un característico color amarillo. Dotada de un regente de puntería láser y linterna, con funda de cinturón.

Su funcionamiento se realiza al desenfundarla y empuñarla, quitándole el seguro, para que funcione, para esto, con el dedo gordo de la mano con el que se dispara, se vira la barra del seguro en posición arriba, activándose de igual manera el láser y/o la luz de la linterna, apuntando hacia la misma dirección del alza y el punto de mira.

⁵ Women on Guard. "Regalo del día de la madre: Taser C2-Paquete fashion pink gold" 05 mayo 2016. Disponible en: <https://www.womenonguard.com/blog/category/tasers/taser-c2/>

Al presionar el gatillo, salen proyectados dos (2) dardos unidos mediante unos cables al arma, al llegar al personaje, éste empieza a recepcionar una andanada de pulsos eléctricos, evitando en él, efectuar de manera deliberada, algún tipo de incitación con sus brazos o piernas. La difusión de pulsos tiene una duración de cinco (5) segundos, perdiendo control de sus extremidades; lapso apto para que el sujeto pause su acción provocadora.

Posee 50.000 voltios de pico máximo al disparar al aire sin dardos, separados estos polos entre sí por 5 cm que, al maquinarse el disparador, se origina un brinco de electrones entre los polos, apreciándose visualmente como una arcada de luz azulada uniendo los dos (2) polos. Los 50.000 volts se causan al traspasar los electrones esos cinco (5) cm de aire que, al entrar al organismo corporal, la tensión eléctrica cae hasta los 1.200 volts. Pero, la corriente que destina al organismo es de 0,0021 amps (2,1 milliamps), poseyendo una herramienta que, muy a pesar de su alta tensión eléctrica, sólo genera una corriente eléctrica de 0,0021 amps.⁶

En la figura 3 se aprecia el Táser X26. De igual forma en la figura 4 se observa el esquema de funcionamiento básico del Táser X26.

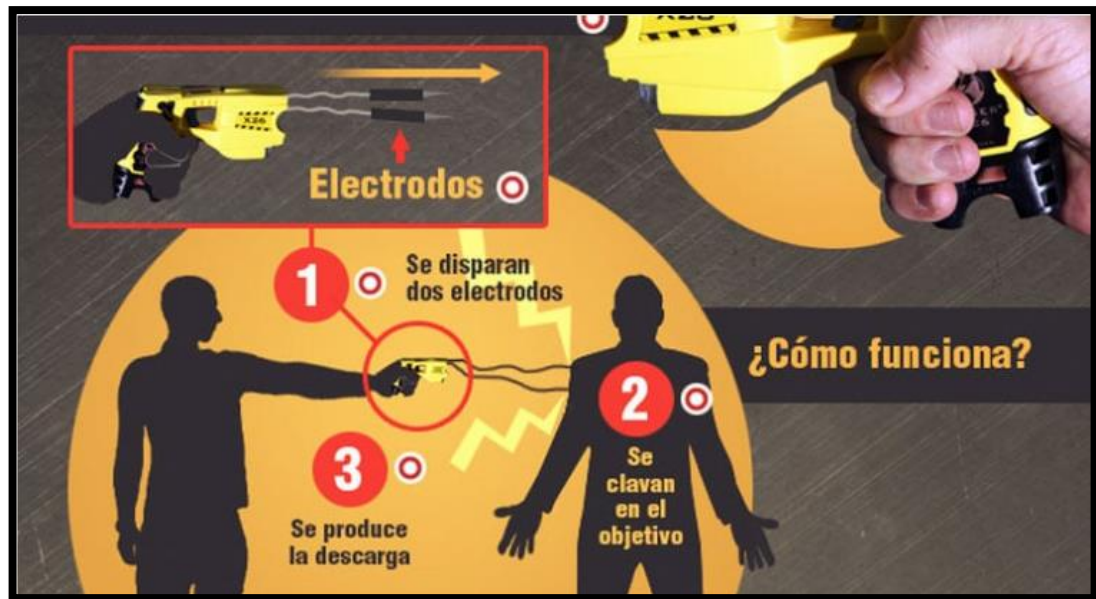
Figura 3: Táser X26



Fuente: <https://www.netpol.es/blog/2018/07/el-taser-historia-verdades-y-mitos/>

⁶ Netpol Police Institute. "El Táser: Historia, Verdades y Mitos." U.S. 5 Julio 2018. Disponible en: <https://netpol.es/blog/2018/07/el-taser-historia-verdades-y-mitos>

Figura 4: Esquema de funcionamiento básico del Táser X26



Fuente: <https://www.netpol.es/blog/2018/07/el-taser-historia-verdades-y-mitos/>

La pistola Táser X26, por consiguiente, inmoviliza instantáneamente al individuo que recibe la descarga, generando múltiples espasmos musculares por segundo, con un alcance de hasta ocho (8) metros.

• **M26:**

Fue el primero en utilizar la tecnología NMI (Neuro Muscular Incapacitation). Es un dispositivo de apuntar y disparar, lo que facilita que cualquiera lo use de manera efectiva. Este aparato de 50.000 voltios cuenta con una mira láser y una mira fija, lo que proporciona al usuario una forma rápida de apuntar mejor sin volverse más vulnerable mientras intenta encontrar el objetivo.

M26 es un arma de autodefensa oculta / abierta legal, tiene la capacidad de incapacitar al individuo (incluso a los atacantes más fuertes y agresivos), utilizando cartuchos que contienen nitrógeno comprimido para disparar 2 pequeñas sondas cargadas desde el Táser, hasta una distancia de 15 pies, lo que proporciona al usuario suficiente potencia y distancia para escapar a un lugar seguro, manteniendo a raya al atacante. Transmite fuertes pulsos eléctricos a través de estos cables hacia el atacante ocasionándole inmovilización y dejándolo flácido. Estas sondas perforan la piel, la ropa y materiales gruesos.

Construido con la misma tecnología que utilizan los militares y los agentes del orden, siendo un arma de autodefensa extremadamente poderosa que pone el poder en sus manos.⁷ En la figura 5 se evidencia el Táser M26.

Figura 5: Táser M26



Fuente: <https://www.beststungun.com/product/taser-gun-pistol-m26c/>

• **X2:**

El Dispositivo Eléctrico Conductivo (DEC) TASER X2, posee una arcada de aviso perceptible y oíble que ayuda a los policías a desapretar escenarios; pero, al necesitarse una andanada, una detonación de respaldo, una entrega de carga renovada y un objetivo láser, perfeccionan la efectividad.⁸ Es una protección eléctrica, perteneciente a las armas No-Letales. Es certero empleándolo en cualquier parte del cuerpo, controlando a un secuaz armado incluso en las piernas. La inmovilización del sistema nervioso muscular está entre los 0,05 y 0,07 joules o pulsos, que son expeditos y llevan a la inflexibilidad por cinco (5) segundos. En la figura 6 se observa el Táser X2.

⁷ Mejor Pistola Paralizante. "Recurso no.1 para pistolas paralizantes, pistolas taser y productos de autodefensa." 03 enero 2015. Disponible en: <https://www.beststungun.com/product/taser-gun-pistol-m26c/>

⁸ Táser X2 DEC. "La disuasión Efectiva y Responsable." U.S. Disponible en: <https://la.axon.com/productos/decs/taser-x2/>

El Taser X2 difiere de sus predecesores con las ventajas a tener en cuenta:⁹

- Se carga con dos (2) cartuchos simultáneamente.
- Se dispara de manera sucesiva de ser forzoso.
- Doble láser que revela los dos (2) impactos de las sondas.
- Arcada eléctrica disuasoria sin apalear al descartar las cargas.
- Tecnología SMART, (inteligencia) de cometido de la energía en función de la firmeza del organismo corporal. (Optimización de la andanada eléctrica a través del canon automático de la energía. SMART Technology).
- Marcación interna e inmune al uso, disparos, cargas, nivel de batería, etc....
- Fuente de poder de alto rendimiento. Hasta 500 disparos por batería.

Figura 6: Táser X2



Fuente: <https://www.tiendashoke.es/taser/pistola-electrica-taser-x2>

⁹ Shoke Defensa y Seguridad. "Una Visita que Puede Salvarte la Vida." U.S. Disponible en: <https://www.tiendashoke.es/taser/pistola-electrica-taser-x2>

El Táser X2 emite un voltaje de 50.000 volts no letal (1,2 miliamperios), generando un impulso eléctrico fuerte, con cables de dardo 1 y dardo 2 que, al conectarse, establecen un arco de conexión.

- **Fusil X12:**

Es una escopeta de bomba modificada capaz de disparar cinco rondas que, después de salir del cañón, el proyectil de tres aletas gira para mayor precisión (Figura 8). Tiene un alcance de 100 pies. En caso de impacto, el cartucho se engancha a la piel o la ropa. La carcasa contiene una carga eléctrica de 500 voltios suministrada por electrodos en el extremo, incapacitando al sospechoso durante 20 segundos. El antebrazo del fusil posee un montaje de luces, miras y una pequeña Táser, el barril del cañón es de 18,5".¹⁰ Como se aprecia en la figura 7.

Figura 7: Fusil X12



Fuente: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/taser-x12-shotgun-model-1609770>

¹⁰ Poderío Militar. "Los Marines Quieren Una Bala Táser." U.S. 02 sept. 2.018 Disponible en: <https://poderiomilitar-jesus.blogspot.com/2018/09/los-marines-quieren-una-bala-taser.htm>

Figura 8: Fusil X12 al disparar proyectil de tres (3) aletas

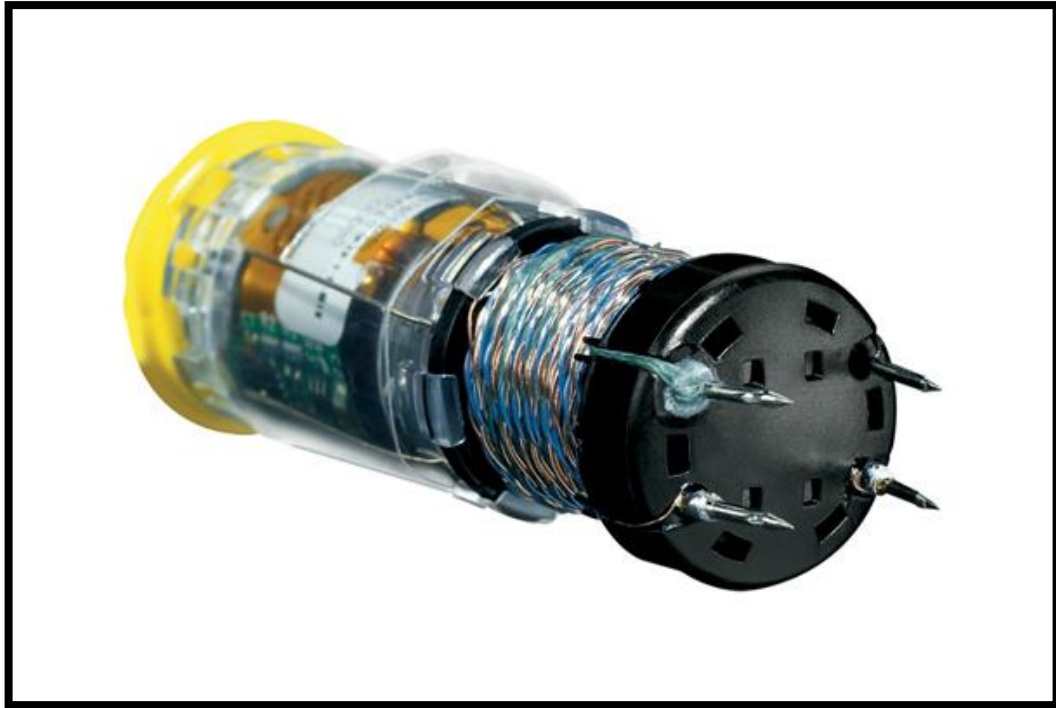


Fuente: <https://poderiomilitar-jesus.blogspot.com/2018/09/los-marines-quieren-una-bala-taser.html>

La escopeta Táser X12 está fabricada por Táser International de Scottsdale, Arizona, dispara un proyectil de 12 orificios lleno de baterías con púas orientadas hacia adelante (Figura 9) que entregan una descarga eléctrica debilitante. Pero, en una versión temprana del arma era difícil apuntar con precisión, lo que ponía en riesgo los ojos de las víctimas y, a veces, producía una descarga durante más de cinco minutos (borra bastante la línea entre no letal y algo letal), en lugar de 20 segundos.¹¹

¹¹ Quotulationssness. "Cartucho de Escopeta Táser." U.S. 29 sept. 2010 Disponible en: <https://quotulationssness.ca/blog/2010/09/29/taser-shotgun-shell/>

Figura 9: Cartucho de Escopeta Táser



Fuente: <https://quotulatiuousness.ca/blog/2010/09/29/taser-shotgun-shell/>

Al aplicar al cuerpo los pulsos eléctricos emitidos por el Táser; éste, según la descarga tendrá ciertos efectos. Cabe recordar que el riesgo del fluido eléctrico está en la corriente (amps) y no en el voltaje (volts). El Táser crea por cinco (5) segundos, pulsaciones eléctricas discontinuas de 100 microsegundos (0,0001 segundo) cada uno, recibiendo el individuo 1.200 volts con una corriente de 0,0021 amps. Las pequeñas exposiciones a corrientes eléctricas menores a 0,01 amps (10 miliamps), no ocasionan perjuicio a la salud. Por lo que, en la siguiente tabla, se relacionan los valores de corriente soportados por el ser humano, con sus respectivos efectos:¹²

Tabla 1. Valores de Corrientes Soportados por el Ser Humano y sus Respectivos Efectos

Corriente Eléctrica	Efectos
0,0010 Amperios (1 miliamperio)	Efecto fisiológico apenas perceptible con leve hormigueo en la zona de contacto
0,01 Amperios (10 miliamperios)	Espasmos musculares que imposibilitan que una mano tome un cable y lo pueda soltar –

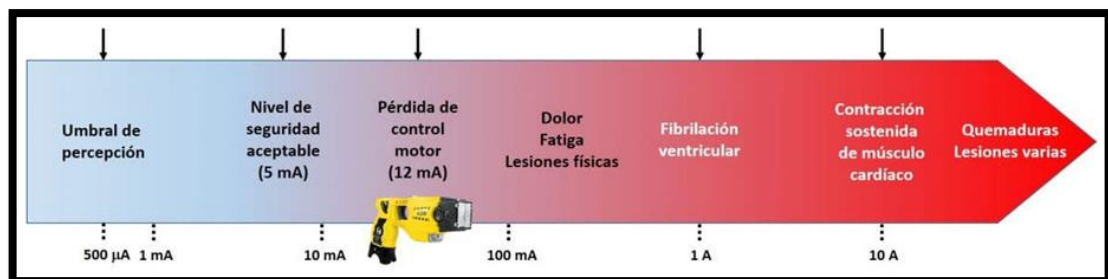
¹² Sindicato Vasco de Policía y Emergencias. “Táser Uso y Aclaraciones”. 2020. Disponible en: <https://www.svpe-ples.org/index.php/formacion/112-taser-uso-y-aclaraciones>

			Encogimientos musculares en piernas o brazos estimados como movimientos involuntarios
0,016	Amperios (16 miliamperios)		Corriente máxima que se alcanza a palpar y soltar
0,02	Amperios (20 miliamperios)		Tullimiento de los músculos respiratorios
0,021	Amperios (21 miliamperios)		Interfiere con el sistema nervioso
0,05	Amperios (50 miliamperios)		Contracciones musculares y respiratorios
0,075	Amperios (75 miliamperios) a 0,1 Amperios (100 miliamperios)		Umbral para la desfibrilación ventricular
2	Amperios (2.000 miliamperios)		Asfixia, paro cardíaco, daño a órganos internos y muerte súbita

Fuente: <https://www.netpol.es/blog/2018/07/el-taser-historia-verdades-y-mitos/>

En la figura 10 se presenta los amperajes y los efectos que causa.

Figura 10: Amperajes



Fuente: <https://www.netpol.es/blog/2018/07/el-taser-historia-verdades-y-mitos/>

Este dispositivo de control eléctrico, llegó a Colombia en el año 2014, determinando su uso en el formulismo del Modelo del Uso Diferenciado y Proporcional de la Fuerza soportada en la resolución 002903 del 23 de junio de 2017, que a la letra enuncia: “Por lo cual se expide el Reglamento para el uso de la fuerza y el empleo de armas, municiones, elementos y dispositivos menos letales, por la Policía Nacional”. Con esto se resalta que, sólo los pertenecientes a la Policía Nacional, que han cursado

el taller tutoría sobre el Manejo de Dispositivos De Control y Auxiliares, pueden manipular y cargar como pieza de su equipo de servicio.¹³

4.2 FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA TÁSER.

A continuación, se presenta un conjunto de conceptos relacionados con la funcionalidad del Sistema Táser:

El circuito interno del Táser consta de un oscilador, un circuito resonante (un inversor de energía) y un transformador elevador o un multiplicador de voltaje de diodo-capacitor para alcanzar la andanada de alto voltaje alterna o una descarga directa continua. Según el fabricante y el modelo, éste puede estar nutrido por una (1) o más baterías, y la cantidad de corriente creada, va acorde a la capacidad de aturdimiento que se desee.¹⁴

Su funcionamiento está enmarcado en una sacudida eléctrica transitoria de alto voltaje y baja corriente, para invalidar los componentes de activación del cuerpo. El receptor se paraliza a través de dos (2) sondas acopladas por medio de cables al mecanismo. El receptor concibe simulación de dolor, paralizándolo momentáneamente mientras se aplica la corriente eléctrica.¹⁴

Tabla 2. Valores de Aplicación Corriente Eléctrica Pistola Táser

Voltaje de Salida	100 V hasta 6 Kv
Intensidad de Salida de Corriente	100 mA hasta 500 mA
Duración del Impulso Individual	10 a 100 μ s (microsegundos)
Frecuencia de Impulso	2 a 40 Hz
Carga Eléctrica Suministrada	15 a 500 μ C (microcoulombs)
Energía Suministrada	0,9 a 10 Julios

Fuente: <https://www.infotechnology.com/gadgets/Como-son-y-como-funcionan-las-nuevas-pistolas-Taser-del-gobierno-20190104-0003.html>

Como el proyecto se direccionó a realizar una adaptación en un aparato móvil de telefonía celular para generar el Efecto Táser en él, los componentes internos del

¹³ El Tiempo. "Policías Sólo Pueden Usar las Táser Después de Hacer Taller". 09 de sept. de 2020. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/justicia/servicios/taser-x2-el-arma-que-habria-usado-la-policia-en-procedimiento-contrabogado-536877>

¹⁴ Info Technology. "Cómo son y Cómo Funcionan las Nuevas Pistolas Táser del Gobierno". 16 de enero de 2019. Disponible en: <https://www.infotechnology.com/gadgets/Como-son-y-como-funcionan-las-nuevas-pistolas-Taser-del-gobierno-20190104-0003.html>

proyecto difieren de cierta manera del artefacto Táser, su principio es el control eléctrico con pulsos depurados de duración para generar una descarga eléctrica temporal de alto voltaje y baja corriente. Por lo que se hace necesario mencionar dichos componentes.

- **Bobina:**

Del francés *bobine*, una bobina es un cilindro de hilo, cable o cordel que se encuentra arrollado sobre un tubo de cartón u otro material. Una bobina o inductor, es un componente pasivo de dos (2) terminales del sistema eléctrico que contiene un filamento apartado, el cual se enrolla a manera de hélice sobre un núcleo de material ferromagnético o al aire, permitiendo almacenar energía en un campo magnético a través de un fenómeno conocido como autoinducción.

La bobina está compuesta por la cabeza hueca de un material conductor (alambre o hilo de cobre esmaltado) y puede estar instalado en un circuito integrado. La pieza polar, el núcleo, el devanado inductor, la expansión polar, el polo auxiliar y la culata son las partes que conforman un inductor.¹⁵

Se conoce que la bobina almacena la energía a través de un campo magnético debido a su espiral conductor y se estimula por cambios de corriente eléctrica que se mide por la inductancia en Henrios (H). Su capacidad para generar este flujo magnético, es lo que hace que circule la corriente eléctrica o que también se oponga a los cambios de dicha corriente controlando, y a su vez, evitando que dicho cambio, brusco e inesperado de la intensidad de la corriente pueda generar un daño. En la figura 11 se aprecia la bobina.

Figura 11: Bobina



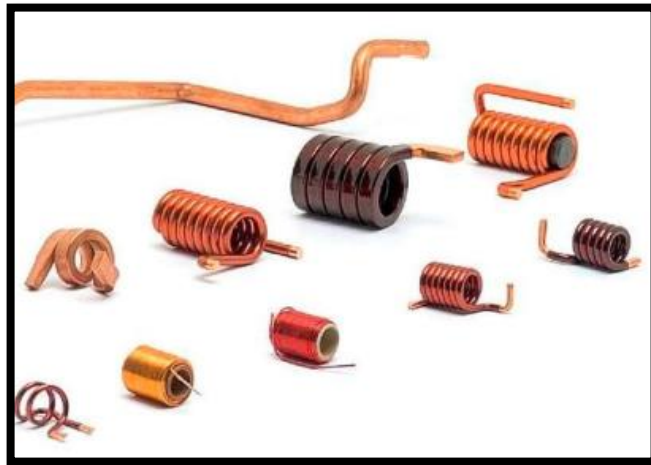
Fuente: <https://como-funciona.co/una-bobina/>

¹⁵ J. Pérez Porto y M. Marino. “Definición de Bobina”. 1990. Disponible en: <https://definicion.de/bobina/>

En una bobina con espiras de cable, el campo magnético circula por el centro inductor, cerrando su camino por la parte externa. Cuando se modifica la circulación de esta corriente y se conecta o se desconecta a una o de una fuente de alimentación CC, mantiene su condición previa.

La bobina puede ser fija o variable; la primera tiene un valor fijo con núcleo de aire y núcleo sólido (Figura 12). El conductor se enrolla sobre un sustentáculo fijo y a continuación se retira este, resultando con un semblante similar al de un muelle. Tiene baja inductancia y es utilizado para señales de alta frecuencia (circuitos de radio, tv, transmisores).

Figura 12: Bobina Fija

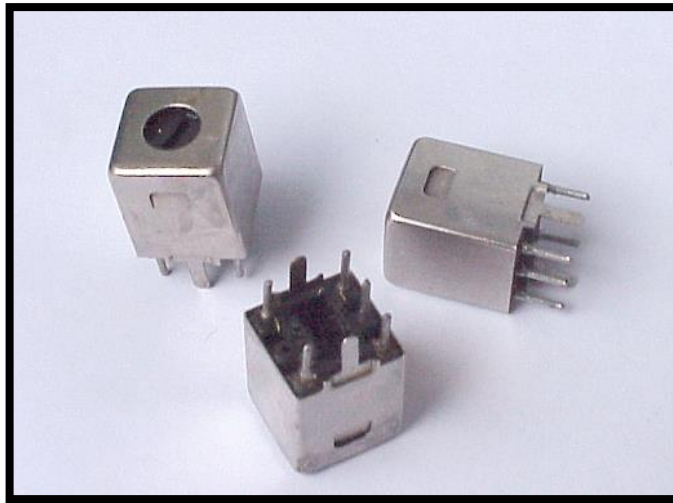


Fuente: <https://como-funciona.co/una-bobina/>

La segunda, tiene núcleos de hierro y ferrita (Figura 13). El núcleo de hierro se utiliza en electrónica, para bobinas de alta inductancia, pequeño tamaño y en sistemas eléctricos de alta frecuencia. El núcleo de ferrita es un combinado de polvo de óxido de hierro abigarrado con otros elementos y recubierto con material aislante, que se apila y se prensa hasta tener una forma sólida. Es fabricado en forma de barra en E, y en dos medias Es o en forma de toroide. El núcleo de ferrita se utiliza como bobinas de antena en radios, como choques o filtros de alta frecuencia en circuitos sintonizados o fuentes de poder. Las bobinas toroidales tienen forma geométrica para su núcleo de ferrita y se utiliza en circuitos de filtro y transformadores.¹⁶

¹⁶ Tema Astra Para WordPress. "Cómo Funciona: Una Bobina". 2020. Disponible en: <https://como-funciona.co/una-bobina/>

Figura 13: Bobinas Variables.



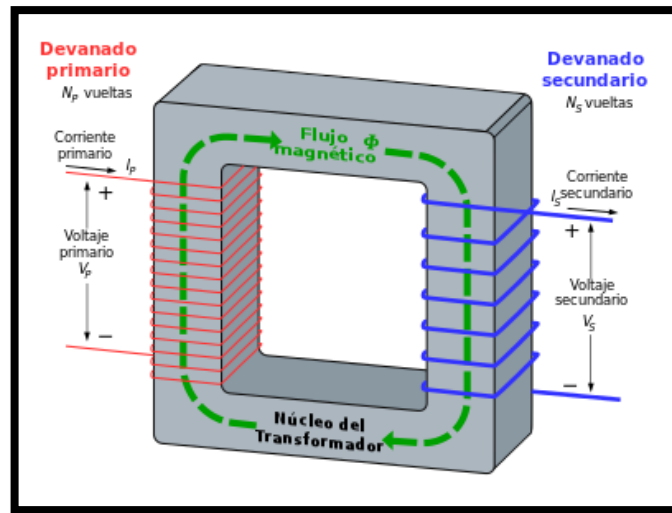
Fuente: <https://como-funciona.co/una-bobina/>

- **Transformador:**

El transformador permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna manteniendo la potencia que ingresa al aparato. Convierte la energía eléctrica alterna en un grado de nivel de tensión, en energía alterna de otro grado de nivel de tensión, a través de la incitación electromagnética. Las dos (2) bobinas de medio conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, están retiradas entre sí eléctricamente, su único enlace es el flujo magnético que se establece en el núcleo. El núcleo es de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico que optimiza la magnitud del campo magnético. Las bobinas o devanados hacen referencia al primario y secundario, según correspondan al ingreso o egreso del sistema. El devanado terciario es de menor tensión que el secundario.¹⁷ En la figura 14 se aprecian las partes de un transformador.

¹⁷ R. José Luis. Tema Astra Para WordPress. "Como Funciona un Transformador". 2020. Disponible en: <https://como-funciona.co/un-transformador/>

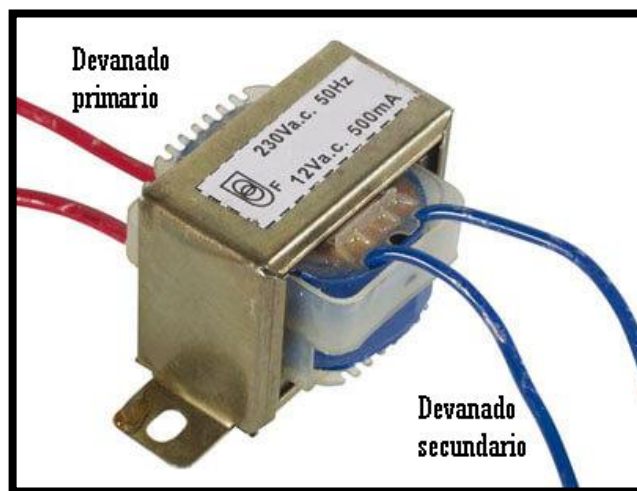
Figura 14: Partes de un transformador.



Fuente: <https://como-funciona.co/un-transformador/>

Su regla de trabajo está al situar una corriente alterna en el devanado primario, creando un oleaje magnético en el núcleo del transformador, y a su vez, en el devanado secundario, produciendo voltaje variable en el devanado secundario, máximo o mínimo, según el tipo de transformador. Obsérvese figura 15 las partes principales del transformador.

Figura 15: Partes principales transformador.

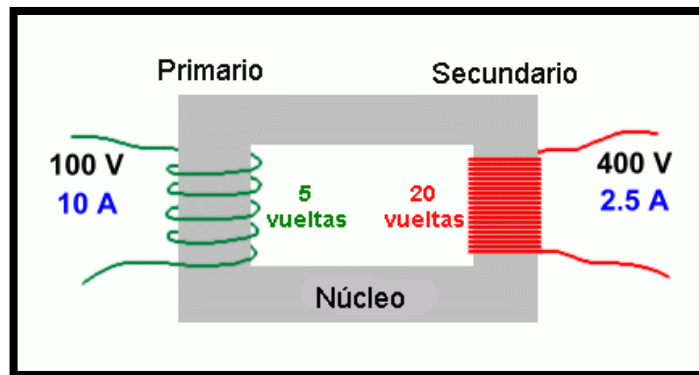


Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/transformador-electrico/>

El devanado primario (o bobina primaria) está conectado a la fuente de energía y traslada la corriente alterna desde el surco de provisión. Puede ser un devanado de

bajo o alto voltaje, dependiendo de la diligencia del transformador. En su núcleo se enroscan los devanados y se ocasiona la oleada magnética alterna, contruidos por una sucesión de blindas separadas eléctricamente que minimizan corrientes inservibles. El devanado secundario (o bobina secundaria) provee energía a la carga, generando la potencia electromotriz (voltaje) por el canje de magnetismo en el núcleo al cual encierra. Alcanza a ser un devanado de bajo o alto voltaje, dependiendo de la diligencia del transformador. Obsérvese en la figura 16 el devanado primario, núcleo y el devanado secundario.

Figura 16: Devanado Primario – Núcleo – Devanado Secundario.



Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/transformador-electrico/>

Según la funcionalidad de los transformadores se dicen que son de potencia, de comunicaciones y de media; y por sus aplicaciones, elevador/reductor de voltaje, de aislamiento y de impedancia. A estos se le suman por su fase (monofásico y trifásico), autotransformador, de alimentación, con diodo dividido, de frecuencia variable, de pulsos, de línea o flyback, híbrido, balún y de frecuencia variable entre otros.¹⁸

- **Condensador:**

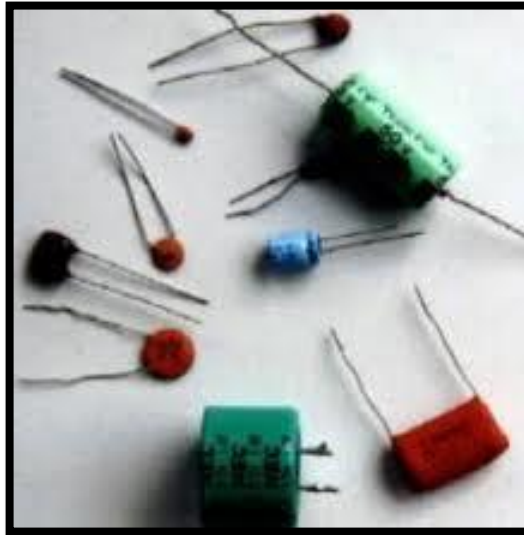
También conocido como capacitor, es un mecanismo pasivo para electricidad y electrónica, que almacena energía en un campo eléctrico. Hecho por un par de áreas conductoras (láminas o placas), en donde las líneas de campo eléctrico que salen de una, llegan a la otra, espaciadas por un dieléctrico. Las placas al ser puestas a una discrepancia de potencial, obtienen carga eléctrica positiva en una de ellas y negativa en la otra, donde la carga total es nula. Es un elemento capacitor, ya que en un circuito almacena la energía eléctrica que recoge durante la etapa de

¹⁸ Ingeniería Mecafénix. "La Enciclopedia de la Ingeniería". 8 de febrero de 2018. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/transformador-electrico/>

carga, y la misma, para el periodo de descarga, aunque no almacene carga, ni corriente eléctrica, sino sólo energía mecánica. Siendo su unidad el Faradio (F).

Al cargar un condensador con una fuente de alimentación, este comenzará a conducir energía, y al cargarse completamente dejará de conducir corriente. Al suprimirle la fuente de alimentación al condensador, este comenzará a liberar la energía que tiene almacenada, conduciendo energía. Por lo que, se puede utilizar un condensador para almacenar energía eléctrica, aplicándose para baterías, fuentes de alimentación, estabilizar tensiones, filtros, memorias, adaptación entre circuitos, etc.¹⁹ Apréciense en la figura 17 los condensadores eléctricos.

Figura 17: Condensadores Eléctricos.



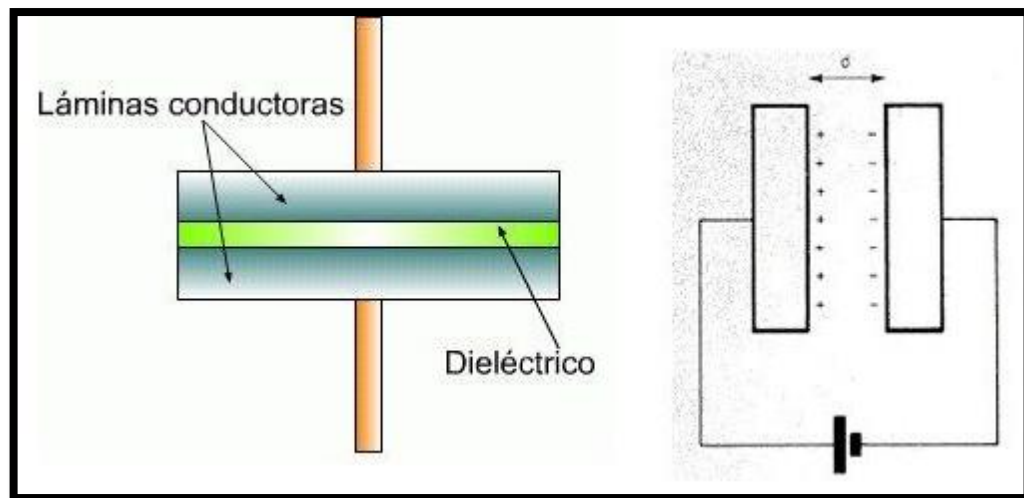
Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

Para almacenar la carga eléctrica el condensador, utiliza dos placas o superficies conductoras en forma de láminas separadas por un material dieléctrico (aislante). Estas placas se cargan eléctricamente al conectar a una batería o fuente de tensión. Las placas se cargan con la misma cantidad de carga (q) pero con distintos signos (una $+$ y la otra $-$). Ya cargado se tiene entre las dos placas una tensión, que suelta dicha carga al conectar a un receptor de salida. El material dieléctrico (usado para aislar componentes eléctricamente entre sí) que separa las placas o láminas con carga eléctrica es aire, tantalio, papel, aluminio, cerámica y algunos plásticos, según

¹⁹ Limonchi Sandoval, William Ernesto. "Condensador, Qué Es y Para Qué Sirve?". 25 de dic. 2017. Disponible en: <https://medium.com/wels-theory/condensador-que-es-y-para-que-sirve-3a75da291eda>

el tipo de condensador.²⁰ Se observa en la figura 18 las láminas conductoras y el dieléctrico del condensador.

Figura 18: Láminas Conductoras - Dieléctrico.



Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

● Diodo:

Dispositivo diseñado para que la corriente fluya en un solo sentido, permitiendo que marche en una sola trayectoria. La corriente fluye desde el terminal positivo (el ánodo) hasta el terminal negativo (cátodo). En el diodo (Figura 19) se identifica el cátodo por una franja que se coloca en uno de los extremos. Impide entonces, que la corriente fluya en 2 sentidos. Este dispositivo además evita que, la corriente fluya en sentido no deseado, suprime corrientes transitorias, provoca caídas de voltaje, corrige media onda de corriente alterna, rectifica onda completa con puente de diodos o puente rectificador. El diodo Zener (Figura 20), permite mantener determinado potencial eléctrico, para la regulación de voltaje, con diferentes potenciales y se conecta al revés, con el área de mayor potencial conectada al cátodo, y el ánodo al área de menor potencial.²¹

²⁰ Tecnología. "Condensador". Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

²¹ Antony García González. Panamahitek. "Conceptos Básicos de Electrónica: El Diodo". Panamá. 23 de mayo 2013. Disponible en: <http://panamahitek.com/conceptos-basicos-de-electronica-el-diodo/>

Figura 19: Diodo.



Fuente: <http://panamahitek.com/conceptos-basicos-de-electronica-el-diodo/>

Figura 20: Diodo Zener.



Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/0-5w-5-1v-zener-diode-bzx55c5v1-diodo-zener-60442899856.html>

- **Electrodo:**

Conductor eléctrico usado para formar unión con un trozo no metálico de un circuito, tal como un semiconductor, un electrolito, el vacío (en una válvula termoiónica), un gas (en una lámpara de neón). Un electrodo es un área en donde suceden reacciones de óxido-reducción. Por lo que los métodos que tienen lugar en la interface metal-solución de cualquier metal en contacto con un electrolito (medio agresivo), no se logran calcular de una forma imperiosa (tiene que ser tan sólo relativa). El metal en contacto con el electrolito tiende a disolverse, por lo que queda

cargado negativamente. Tanto es que, los iones del electrolito se depositan sobre el metal, con lo que se alcanza el equilibrio en un determinado momento, creándose una diferencia de potencial entre el metal y el electrolito. La diferencia de potencial se mide con un electrodo patrón (electrodo normal de hidrógeno), que para cualquier temperatura tendrá el valor cero (0).

Para la corriente alterna de los sistemas eléctricos, los electrodos son conexiones del circuito hacia el objeto que actuará bajo la corriente eléctrica, son ánodo ni cátodo, ya que la dirección del flujo de los electrones cambia periódicamente, tantas veces por segundo. La excepción a esto, los sistemas en los que la corriente alterna que se aplica es de baja amplitud (10 mV), no alterándose las propiedades de ánodo o cátodo, por estar en un estado pseudo-estacionario.²²

Como el proyecto gira en función de adaptar un mecanismo para crear el efecto Táser en un dispositivo de comunicación móvil como método antirrobo y a su vez no generar cambios estructurales, es necesario conocer algunas similitudes de aparatos móviles, que incorporaron el Táser como sistema de defensa, pero que no pudieron funcionar como celulares normales.

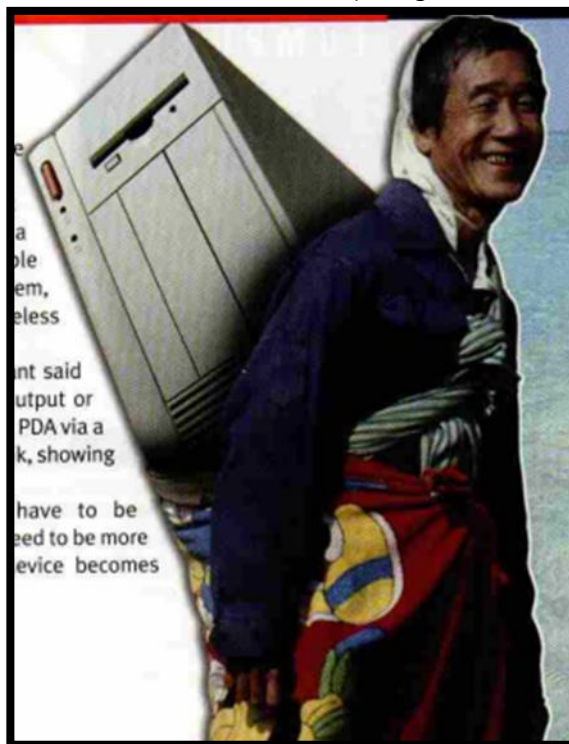
• Phone Security:

Una compañía Taiwanesa tomó un dispositivo móvil de comunicación, y llevó su funcionalidad a la protección personal. Motodo, desarrolló la primera pistola paralizante celular del mundo, con el objetivo de administrar descargas eléctricas de 180.000 voltios a potenciales asaltantes o abusadores. Ligeramente más pesado que un celular normal (150 gms), alarma sobre los 130 db y una mitra más fuerte que una versión standard; razón por la cual, para la época fue diferente de otros teléfonos celulares.

Con tecnología 3G, servicio SMS, conexión inalámbrica de alta velocidad, bluetooth y servicio de roaming a través de un servidor personal (Figura 21) como proyecto de investigación estratégica de ubicuidad de Intel, de tamaño PDA permitiendo a los usuarios llevar todos sus datos con ellos a través de accesibilidad de alta velocidad vía conexión inalámbrica. El servidor no tendría entrada ni salida ni pantalla pero se podría hablar a un PC o PDA vía bluetooth o con un link 802.11x, mostrándose como un ícono en la pantalla del celular. Se presentaron problemas de energía y almacenamiento, al igual que la conectividad inalámbrica.

²² EcuRed. "Electrodo". Disponible en: <https://www.ecured.cu/Electrodo-Es-un-conductor-electrico-utilizado-para-dene-etc>.

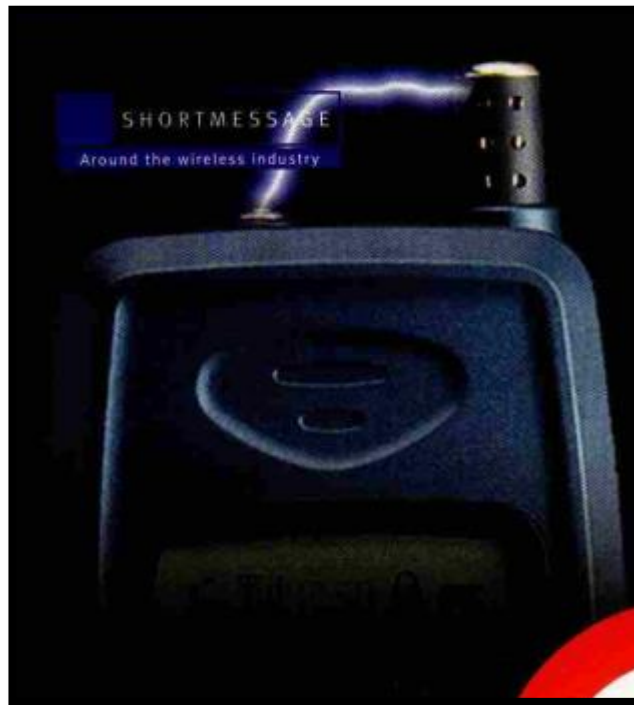
Figura 21: Servidor Personal Intel (Imagen Friki del Servidor).



Fuente: Phone Security – Stun Guns. "Business Source Complete." 15 Junio 2003. Vol. 6 Issue 4, p36. 1/3p. Disponible en: BD EBSCOhost Universidad Católica de Colombia

Este celular, a pesar que su resultado fue el esperado para lo que fue creado, y con accesorios que lo hacían diferente a los demás celulares, no sirvió para hacer llamadas. Dicho celular se observa en la figura 22.

Figura 22: Phone Security.



Fuente: Phone Security – Stun Guns. "Business Source Complete." 15 Junio 2003. Vol. 6 Issue 4, p36. 1/3p. Disponible en: BD EBSCOhost Universidad Católica de Colombia

- **Cell Phone Stun Guns:**

Estos teléfonos se parecen físicamente a los teléfonos móviles normales, pero no funcionan como teléfono móvil, únicamente como dispositivo paralizante. Actúa como pistola paralizante en un teléfono móvil, ofreciendo seguridad y autoprotección de forma discreta ya que se solapa a manera de disfraz como celular. La pistola paralizante (producto Táser) para teléfonos móviles maneja el voltaje más alto del mercado permisible con aspectos legales. Consequible entre 20 USD a 40 USD según el modelo (Figura 23).

Figura 23: Cell Phone Stun Guns.



Fuente: <https://www.womenonguard.com/stun-guns-self-defense/cell-phone-stun-guns-CELL-PHONE-STUN-GUNS-look,disguise-of-all-stun-devices>

5. MATERIALES Y MÉTODOS

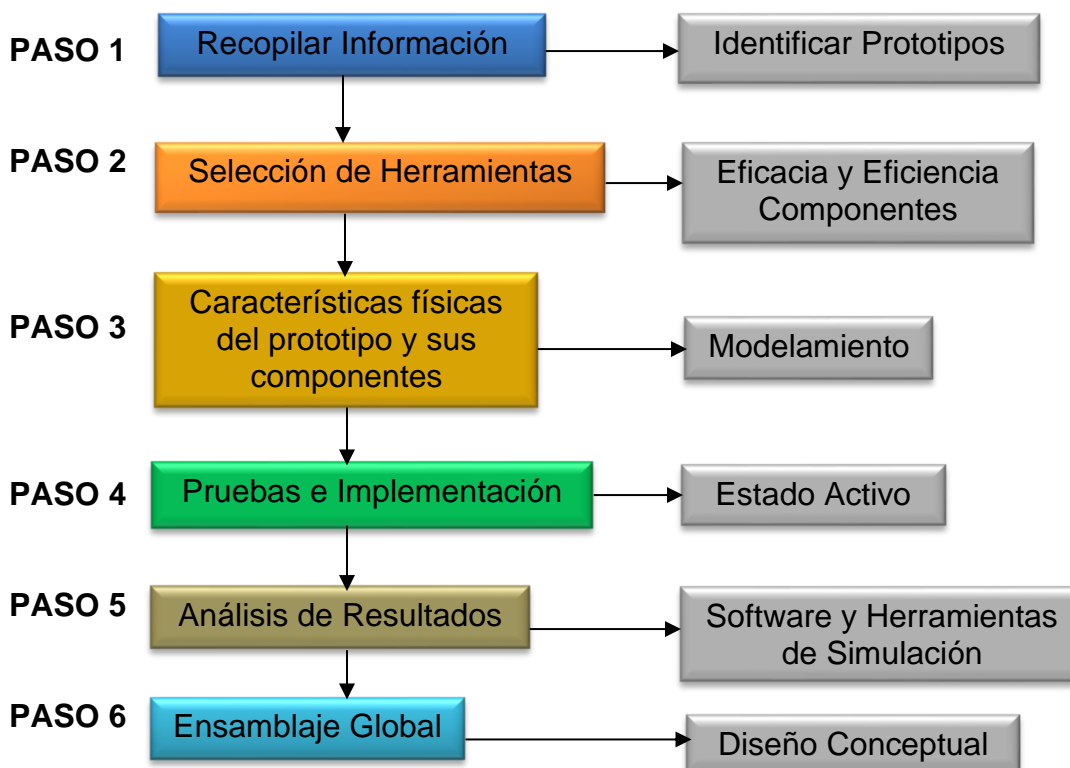
5.1 MATERIALES

1. Software de Simulación Proteus
2. Software de Simulación Falstad
3. Software de Modelamiento Tinkercad
4. Software de Preparación de Modelos Para Impresión 3D Ultimaker Cura
5. Impresora de Modelamiento 3D Creality Ender 3 V2

5.2 METODOLOGÍA

Para tener un mejor entendimiento de la pretensión del proyecto, se organiza de manera secuencial el proceso para la creación del prototipo funcional, en un diagrama de bloques con sus relaciones, para representar el funcionamiento del sistema:

Figura 24: Diagrama de Bloques Funcionamiento del Sistema.



Fuente: Autor

5.2.1 Recopilar Información: En este primer paso se recopiló toda la información consultada en bases de datos disponibles, repositorios de biblioteca, etc., para contar con la información necesaria sobre el tema a trabajar. Las actividades para tal fin, se centraron en la búsqueda de información detallada respecto a posibles prototipos e información concerniente.

5.2.2 Selección de Herramientas: Con la información adquirida en el primer paso, se realizó una inspección detallada de los diferentes componentes que hicieron parte del prototipo, seleccionando los que ofrecieron las mejores características para su desarrollo. Realizando pruebas de simulación a cada uno de ellos, para verificar eficacia y eficiencia de su funcionamiento. Las actividades para tal fin, se direccionaron en la búsqueda de los diferentes componentes, pruebas de funcionamiento y definición de software a emplear.

5.2.3 Características Físicas del Prototipo y sus Componentes: Para realizar el tercer paso, se dimensionó en un software de modelamiento 3D, los componentes implementados, buscando de igual manera un diseño físico para su funcionalidad. Las actividades para tal fin, estuvieron en la búsqueda del acople de componentes modelados internamente para la función requerida del proyecto y externamente para la capacidad física del mismo.

5.2.4 Pruebas e Implementación: Proveniente de la etapa anterior, se empezó con la realización de pruebas en búsqueda del efecto requerido, identificación de fallas y ajustes para una puesta a punto, integrando todos los componentes en el dispositivo móvil como un diseño preliminar y comprobando su estado activo, a través de la implementación circuital y modelamiento de las simulaciones empleadas. Al salir las pruebas avante, el análisis de resultados proporcionó confiabilidad en el sistema. Las actividades para tal fin, estuvieron encaminadas a su comprobación por medio de software de simulación y herramientas ingenieriles.

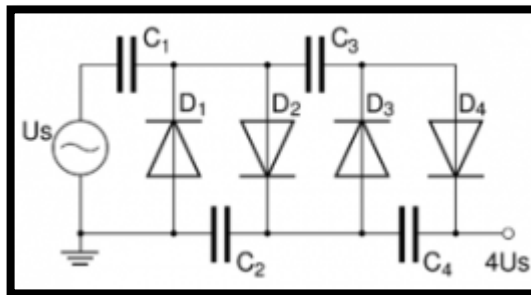
5.2.5 Análisis de Resultados: Este análisis se direccionó en la validación de los resultados arrojados en las pruebas hechas en software (dado el caso de implementarlo) o en las herramientas de simulación de ingeniería según el circuito a implementar (Proteus y/o Tinkercad), incluyendo la tecnología del modelado en 3D para el diseño de la estructura física. Al salir las pruebas positivas, se implementará su funcionalidad. Las actividades para tal fin, estuvieron proyectadas en la implementación de componentes en el dispositivo, la validación del objetivo del proyecto y su diseño electrónico.

5.2.6 Ensamblaje Global: En esta etapa, después de realizadas las pruebas correspondientes del prototipo y su validación experimental, la verificación de funcionamiento requerido y planteado en el proyecto, ya habiendo comprobando su efectividad en lo implementado, se procedió a realizar la definición de requerimientos y el ensamble global. Las actividades para tal fin fueron el diseño conceptual del acople de piezas con validación en el software de simulación.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para empezar a entender el funcionamiento de lo propuesto en este Trabajo de Grado, es importante tener claro en qué consiste un Circuito Multiplicador de Tensión, dicho circuito eléctrico convierte tensión desde una fuente de corriente alterna (CA) en corriente continua (CC) de mayor voltaje mediante etapas de diodos y condensadores (Figura 25); por lo que, se hizo necesario su implementación para la generación del voltaje del efecto Táser requerido.

Figura 25: Multiplicador de Tensión.



Fuente: https://www.ecured.cu/Multiplicador_de_tensi%C3%B3n

Con lo mencionado, se realizó la puesta del circuito en software de simulación circuital, como lo son Proteus y Falstad (previo a ello, se realiza primero de forma manual), buscando la multiplicación de voltaje de 3 a 500 voltios y teniendo en cuenta los siguientes valores para tal fin:

$$\begin{aligned} V_{rms} &= 0,707 \text{ vp} \\ \frac{110 \text{ v}}{0,707} &= \text{vp} \rightarrow 155,58 \text{ v} \\ \text{Amplitud} &= 155 \text{ v} \\ \text{Frecuencia} &= 60 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Para lograr la tensión requerida de 620 v correspondiente al umbral permisible dentro de los valores de voltajes y corrientes soportados por el ser humano (Ver Tabla 1 – Página 32), espasmos y encogimiento muscular, lo que obliga al individuo a soltar el artefacto por acción refleja debido a la descarga eléctrica, se hizo necesario utilizar un transformador elevador, donde el voltaje primario es de 7,4 v y el voltaje secundario es de 110 v, ya que el oscilador aplicado para este proyecto fue el 555 (Figura 33) configurado como un circuito astable, que genera una señal sincronizada en una frecuencia de 60 Hz, la cual se determinó mediante la ecuación:

$$F = \frac{1,44}{(R1+2R2)*C}$$

Este opera con un voltaje de 4,5 v a 18 v. Normalmente la batería del celular es de 3,7 v sin tener el suficiente voltaje para lograr el suministro de energía al circuito electrónico requerido, por lo tanto, se requirió de dos (2) baterías de 3,7 existiendo una relación a la entrada (7,4 v) con respecto a la salida (110 v) de AC por el transformador elevador logrando la alimentación necesaria. Siendo lo anterior, la caracterización E/S (Entrada/Salida) según el transformador y conjunto de transistores.

Tales valores son aplicados en el Sistema Multiplicador de Tensión, realizado primero de forma manual, en prueba de escritorio (cuaderno de notas), evidenciado en la Figura 28, y luego comprobado en el(los) software de simulación circuital, con condensadores de 470 μ y diodos de referencia 1N4004. Para esto también se requirió de dos (2) fuentes convertidoras AC-DC 3,7V/ 650 mA.

La fuente AC se reemplaza por un transformador elevador, que permite tener un voltaje de entrada de 3 a 5 v y un voltaje de salida acorde a una bobina secundaria, arrojando una tensión mayor (Figura 26).

Figura 26: Transformador Elevador.

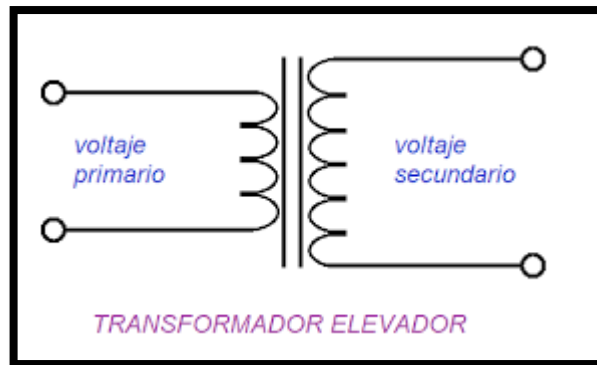


Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/transformer-for-elevator-jbk3z-500va-a-60203814312.html>

En el Transformador Elevador, el voltaje secundario es mayor que el voltaje primario, debido al menor número de espiras en el primario que el secundario.

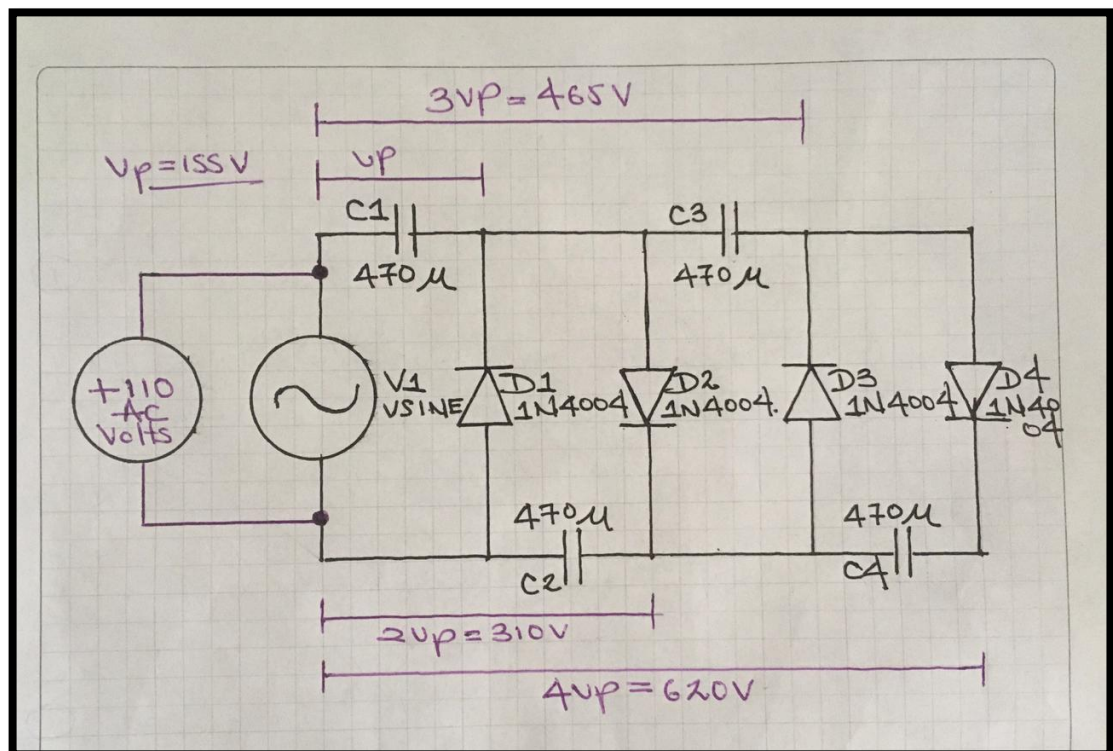
Requerido para el proyecto en cuestión en elevar la tensión a un nivel mayor. Ideal para Electrónica de Potencia (Figura 27).²³

Figura 27: Transformador Elevador.



Fuente: <https://motoresygeneradores.com/tipos-de-transformadores/>

Figura 28: Sistema Multiplicador de Tensión – Prueba de Escritorio (Cuaderno de Notas).



Fuente: Autor

²³ Motores y Generadores. "Tipos de Transformadores".
<https://motoresygeneradores.com/tipos-de-transformadores/>

Disponible en:

Para evidenciar que lo realizado en la figura 28 corresponda a la realidad, se realiza su comprobación en los software Proteus y Falstad (Figuras 29 y 30 respectivamente), observándose la veracidad de lo plasmado en la prueba de escritorio.

En la imagen 29 (Simulación Software Proteus) los valores:

$v_p = 154 \text{ v}$

$2v_p = 309 \text{ v}$

$3v_p = 465 \text{ v}$

$4v_p = 617 \text{ v}$, se muestran consistentes con los valores arrojados en la prueba de escritorio.

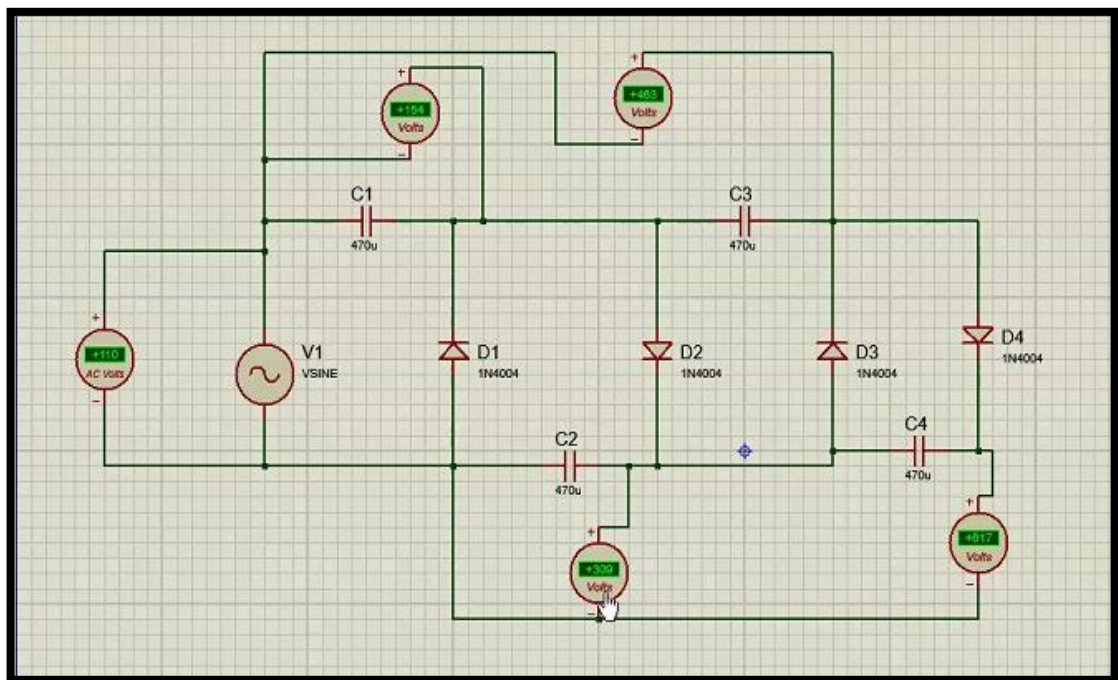
En la imagen 30 (Simulación Software Falstad) los valores:

$V_p = 155,563 \text{ v}$

$3v_p = 310,5 \text{ v}$

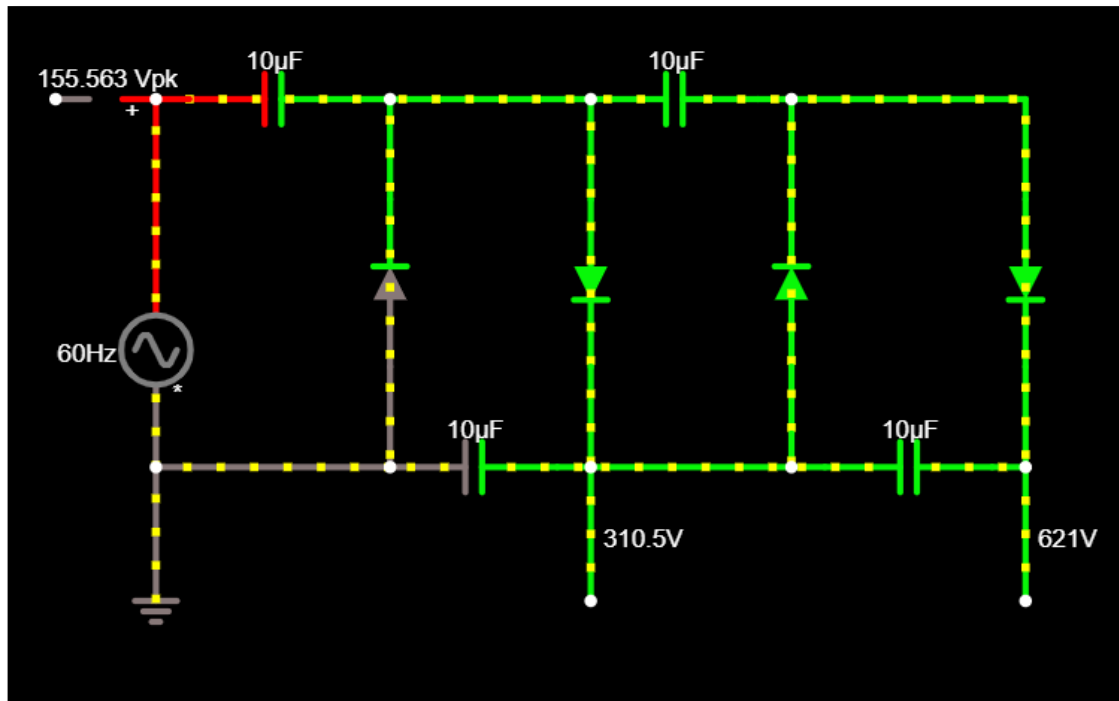
$4v_p = 621 \text{ v}$, que igual que, con el Software Proteus, los valores correspondientes en este software, son acordes a los valores de la prueba de escritorio.

Figura 29: Simulación en Proteus - Multiplicador de Voltaje.



Fuente: Autor

Figura 30: Simulación en Falstad - Multiplicador de Voltaje.



Fuente: Autor

La prueba de escritorio es una herramienta que se suele utilizar de manera manual (a mano) en un cuaderno o apunte de notas, para determinar probabilísticamente la posible eficacia o eficiencia de un determinado programa en ejecución, en este caso, la prueba del Circuito Multiplicador de Tensión, buscando que los valores estimados correspondan al estimado en la puesta del circuito.

Por otro lado, los simuladores circuitales son también una herramienta, pero de carácter informático, que al reproducirlo en el aparato electrónico en el que se esté trabajando (Laptop, Computador de Escritorio o Tablet), compruebe el funcionamiento del circuito electrónico, para que se pueda comparar en este caso, con el resultado del realizado en la prueba de escritorio, y así determinar, si el Trabajo de Grado está o no direccionado al objetivo propuesto, cumpliendo con las especificaciones deseadas.

Cabe mencionar que el simulador circuital Proteus, es un software de simulación digital y analógico, en el que se diseñan y simulan circuitos electrónicos con la ayuda de la librería que posee. Está formado por ARES e ISIS (utilidades) y Electra y VSM (Módulos).

Dentro de sus principales características se encuentran:²⁴

- La aplicación ISIS permite generar circuitos reales, y comprobar su funcionamiento en un PCB (Printed Circuit Board).
- El entorno de diseño gráfico de esquemas electrónicos es fácil de utilizar y con efectivas herramientas.
- El entorno de simulación con tecnología exclusiva de Proteus de modelación de sistemas virtuales (VSM).
- La herramienta ARES para el enrutado, ubicación y edición de componentes, utilizado para la fabricación de placas de circuito impreso.
- La permisividad de generar pistas de cobre de forma automática.
- La permisividad de simular PIC's casi a tiempo real, de forma que se puede comprobar si el circuito creado funciona de la forma esperada.

En términos prácticos, Proteus permite revisar el diseño circuital antes de realizarlo en una PCB y evidenciar la eficiencia y eficacia de los cálculos o su falencia (si la hubiese), pudiendo probar el diseño con diferentes componentes, para que este tenga la veracidad de su funcionamiento al momento de montar en forma física y real el circuito.

Otra mención a tener en cuenta, es el simulador circuital Falstad, que es un software de simulación accesible vía Internet y de libre distribución. Tiene como característica principal, la precarga de muchos circuitos, aparte de poder crear los propios, dibujándolo a través del click derecho del mouse para elegir el dispositivo requerido y el click izquierdo para incluirlo y conectarlo en el circuito. Al ubicar el puntero sobre una rama del circuito, los valores de tensión e intensidad son mostrados²⁵.

Este simulador (Figura 31) arroja soluciones a diferentes circuitos puestos en escena, a través de:²⁶

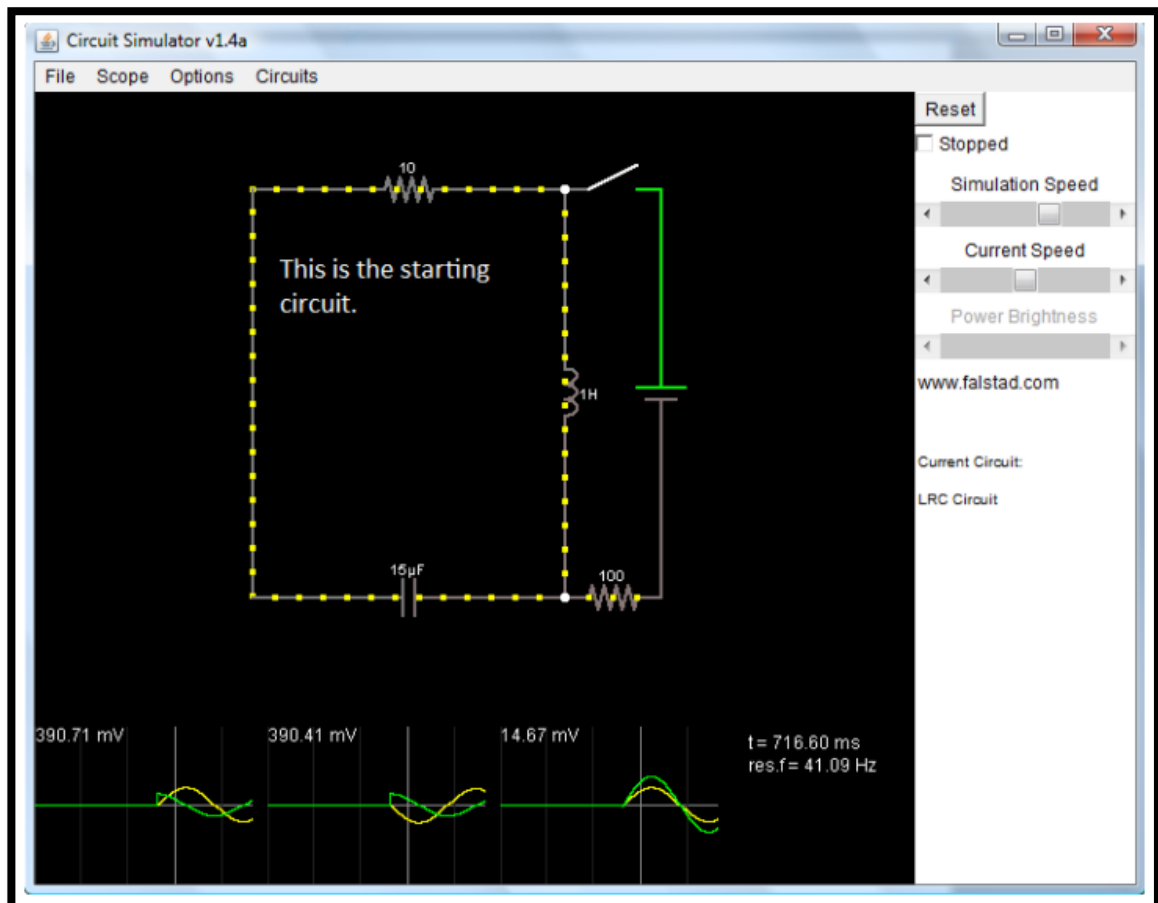
²⁴ Enerxia.Net. "Energías Renovables y Electrotecnia". Disponible en: <https://www.enerxia.net/portal/index.electronica-proteus-simulador-digital-y-analogico>.

²⁵ Weblab.deusto.es "Uso del simulador Falstad para circuitos electrónicos". Disponible en: https://weblab.deusto.es/olarex/cd/UD/OhmLaw_ES_Final/uso_del_simulador_falstad_para_circuitos_electronicos.html.

²⁶ Instructables workshop "Usando el circuito simulador de Falstad". Disponible en: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

- Los controles básicos, donde el circuito de arranque es LRC simple (Inductor, Resistencia y Condensador).
- La selección de diferentes componentes
- Del uso del alcance y edición de diferentes componentes
- Del save de circuitos (Guardar o Salvar), recargando el circuito realizado a la librería del software.
- La elección del circuito prefabricado, si fuese necesario para la realización del circuito implementado en la prueba de escritorio.

Figura 31: Simulador de Circuitos de Falstad – Pantalla de Arranque.



Fuente: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>
Link del Simulador en Tiempo Real: <https://tinyurl.com/yekz2quu>

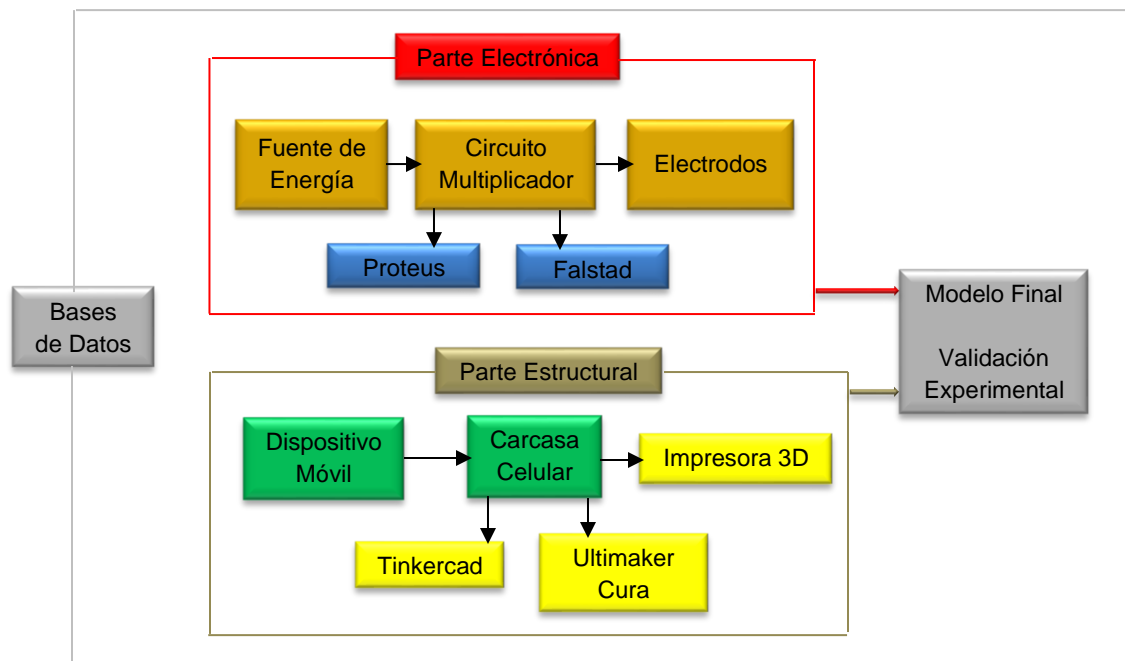
En adición, se puede decir con lo realizado hasta este paso que, para resolver un circuito se acude a tres (3) herramientas usadas tanto individualmente como combinadas, que para el caso que atañe este documento, la opción subrayada es la utilizada:

- El uso del modelo matemático (lápiz y papel) – Prueba de Escritorio
- El uso del simulador en el ordenador
- El experimento real (Para este caso, por motivos de pandemia “Realizado Trabajo de Grado en Pleno Confinamiento”), se establece como trabajo remoto y uso de sólo simulación.

6.1 CREACIÓN DEL PROTOTIPO FUNCIONAL.

Para tener un mejor entendimiento de la pretensión del proyecto, se organizó de manera secuencial el proceso para la creación del prototipo funcional, en un diagrama de bloques con sus relaciones, para representar el funcionamiento del sistema:

Figura 32: Diagrama de Bloques Creación del Prototipo Funcional.



Fuente: Autor

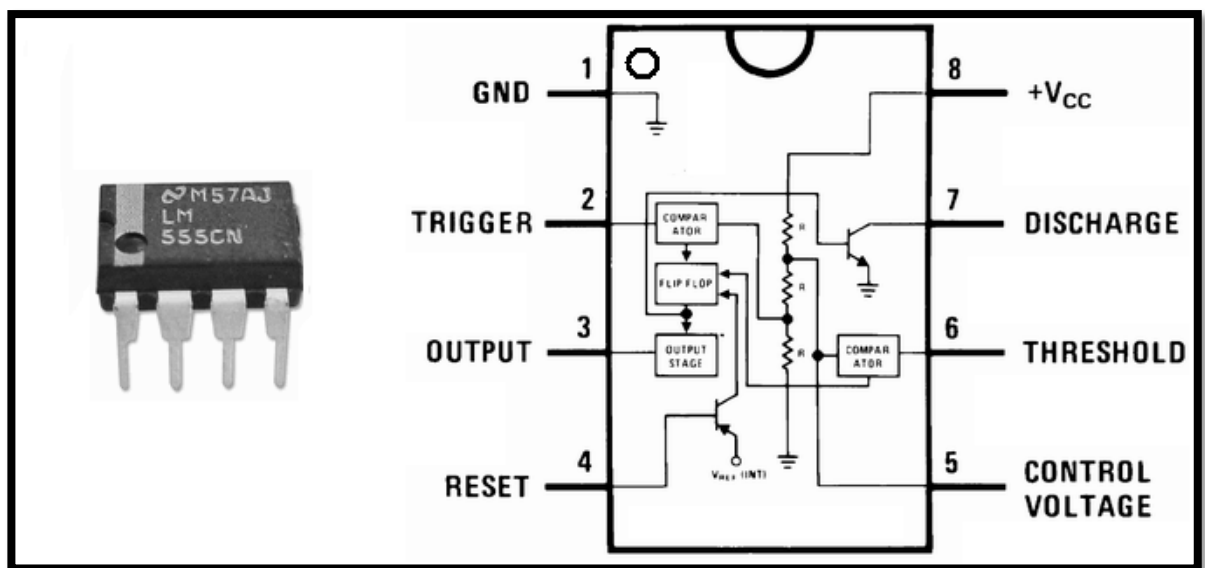
6.1.1 Base de Datos: En este paso se recopiló toda la información consultada en bases de datos disponibles, repositorios de biblioteca, etc., para contar con la información necesaria sobre el tema a trabajar. Las actividades para tal fin, se centraron en la búsqueda de información detallada respecto a posibles prototipos e información concerniente.

6.1.1.1 Parte Electrónica: Con la información adquirida en la Base de Datos, se analizó el circuito interno, tomando como relevancia estructural el circuito que compete al efecto deseado del Sistema Táser dentro del aparato móvil celular, que para el caso, es un mini transformador elevador de dimensiones pequeñas, un sistema multiplicador de voltaje diodo-capacitor y un oscilador 555, que constituyen los componentes principales del presente prototipo y que en la simulación se busca tanto la eficacia como la eficiencia para su funcionamiento. Las actividades para tal fin, se direccionaron en la simulación circuital en los software ya mencionados.

6.1.1.1.1 Fuente de Energía: Para esto se contemplaron diferentes posibilidades que pueden ser válidas todas o una de ellas, siendo la más simple, la que proporcione dicha energía y su almacenamiento, entre ellas se puede mencionar:

- Oscilador 555 → Circuito integrado tipo chip estable, que produce pulsos de temporización con retardos de tiempo y que, además, funciona como oscilador.

Figura 33: Circuito Integrado 555.



Fuente: <https://medium.com/@m.monroyc22/temporizador-555-243abcb933a5>

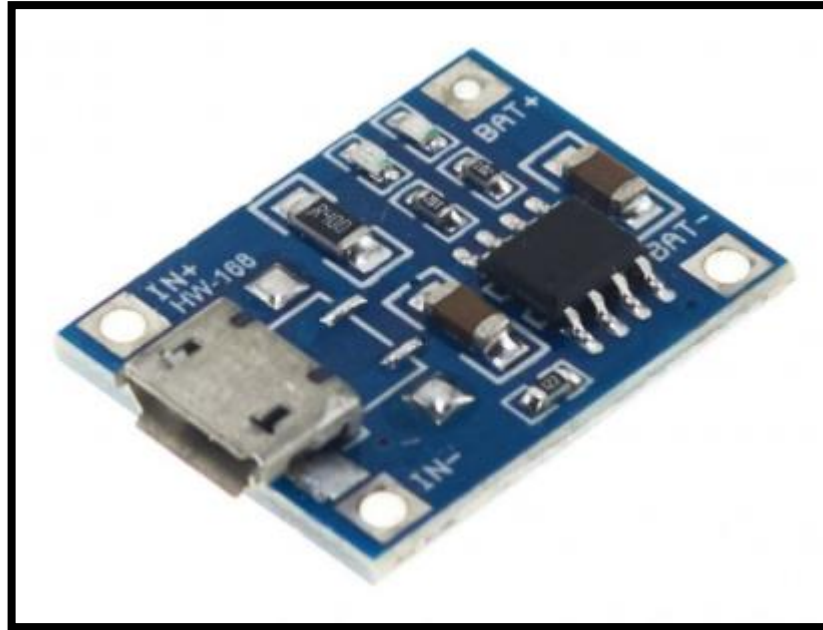
- Módulo Cargador USB de batería litio 18650 1A → Permite cargar de forma sencilla baterías LiPo/LiOn de una celda (de smartphones). Funciona con baterías con voltajes de carga nominal de 3.7V y de carga completa a 4.2V²⁷.

Cabe mencionar que:

- Su voltaje de alimentación es de 4.5V a 5.5V DC.
- Tiene cargador tipo CC/CV (corriente constante/voltaje constante).
- Su corriente de carga en CC seteado a 1A (configurable cambiando una resistencia).
- Su voltaje de carga en CV es de 4.2V.
- Su precisión de carga es de 1.5%.
- Tiene entrada tipo Micro-USB.
- Tiene Led indicador Rojo cuando está cargando.
- Tiene Led indicador Verde de carga completa.
- NO tiene protección a polaridad inversa.
- Tiene Chip de carga: TP4056.

²⁷ Naylamp Mechatronics. "Módulo Cargador de Batería Litio TP4056 Micro-USB". Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/baterias/194-cargador-de-bateria-litio-tp4056-micro-usb.html>

Figura 34: Cargador de Batería Litio TP4056 Micro USB.



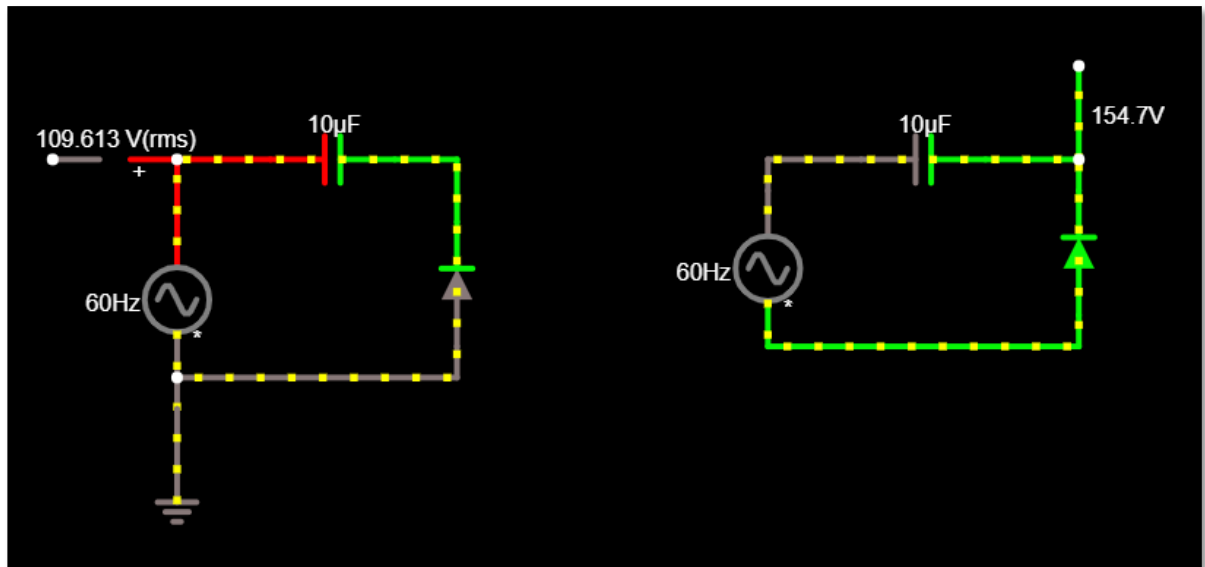
Fuente: <https://naylampmechatronics.com/baterias/194-cargador-de-bateria-litio-tp4056-micro-usb.html>

- Circuito cargador generador de energía con oscilador 555 y condensador de 470 μ que mantenga la carga de la batería necesaria para suministrar la carga deseada.

6.1.1.1.2 Circuito Multiplicador: El Circuito Multiplicador es un circuito de diodo rectificador que produce una tensión de salida mayor que la tensión de entrada. El voltaje de salida CC está limitado por el valor pico de su voltaje de entrada sinusoidal, que con diodos y condensadores, multiplica el voltaje de pico de entrada para una salida CC igual a un valor par o impar del voltaje de pico del voltaje de entrada CA. El circuito que compete a este Trabajo de Grado consta de cuatro (4) etapas:

- **Primera Etapa:** En el ciclo negativo se carga el Capacitor a una tensión máxima de v_p , al tener la Fuente una tensión v_p y ser el voltaje de entrada sinusoidal positivo, las dos (2) Fuentes se encuentran en suma y se tiene entonces que, el Capacitor actúa como una Fuente de tensión de v_p y la Fuente al igual actuaría como Fuente de tensión de polaridad positiva, por lo que, la salida del circuito sería la tensión = v_p (cambiador de nivel positivo). En esta etapa, el valor del voltaje pico es de 155 v para un V_{rms} de 110 v (Figura 35).

Figura 35: Primera Etapa del Circuito Multiplicador de Tensión.

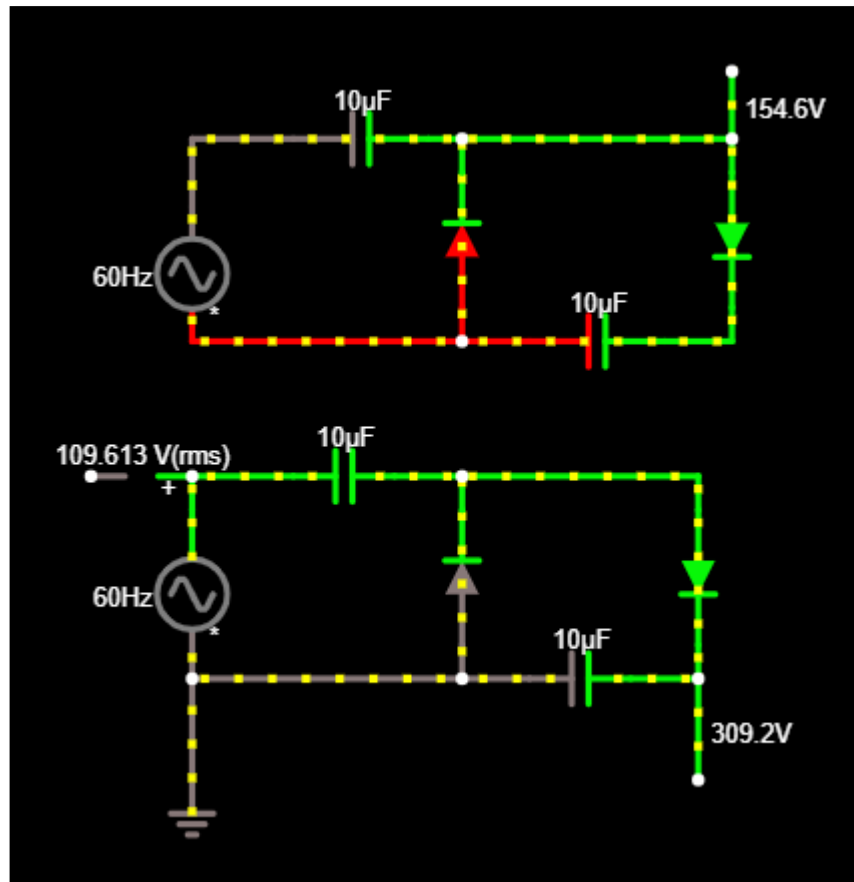


Fuente: Autor

Link del Simulador en Tiempo Real Primera Etapa: <https://tinyurl.com/yzd787bc>

- **Segunda Etapa:** En el ciclo positivo, el Diodo D2 conduce y carga al Capacitor C2, estando la señal completamente pasada en el ciclo positivo (Tipo Cambiador de Nivel → Pasa la señal al ciclo positivo), y lo que hace durante ese ciclo positivo, es sencillamente, cargar el capacitor (La señal la empieza a cargar, cargándose el Capacitor en una tensión máxima), cargándose dos (2) veces la tensión pico, la señal sinusoidal se vuelve casi una señal de línea recta. En esta etapa, el valor del voltaje pico es de $310\text{ V} = 2V_p$ (Figura 36).

Figura 36: Segunda Etapa del Circuito Multiplicador de Tensión.



Fuente: Autor

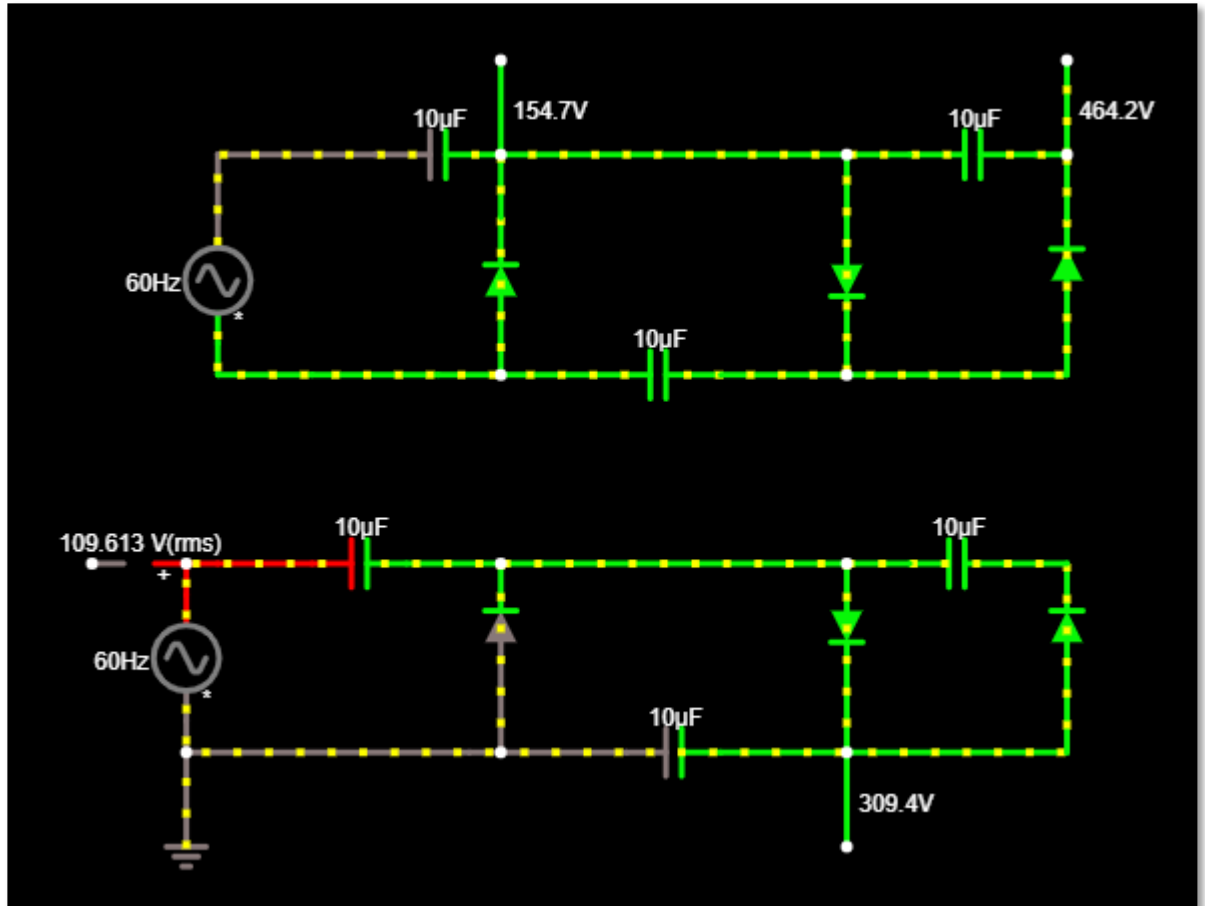
Link del Simulador en Tiempo Real Segunda Etapa: <https://tinyurl.com/yztgcvp9>

• **Tercera Etapa:** Durante el ciclo negativo, es cuando se vuelve a cargar el capacitor de esta malla, quedando cargado de tensión, lo cargado en la etapa 2 → $2v_p$, en este ciclo se carga hacia la polaridad negativa, que ha sido cambiada por la señal casi línea recta y que en la parte dos (2) ha quedado prácticamente al revés (menos y más), es decir, que la polaridad de carga del capacitor hace que la tensión de esta etapa se cargue del lado negativo (-2 veces el voltaje pico → $-2v_p$), haciendo que durante el ciclo negativo, conduzca el Diodo D3 y cargue el Capacitor C3 a una tensión de dos (2) veces el voltaje pico, haciendo con esa polaridad nuevamente el cambio, dos (2) veces el v_p .

Por consiguiente, lo que se tiene en la etapa 1 es un capacitor que está cargado a $+v_p$ y en la tercera etapa un Capacitor que se carga $+dos$ (2) veces v_p . Obviamente, de la etapa 1 hacia la etapa 3 ($v_p + 2 v_p$), estando la polaridad de los capacitores

en serie, la suma de ellos queda en 3vp. Lo que a la salida, entrega tres (3) veces el voltaje pico, según la señal sinusoidal que se tiene en la Fuente. En esta etapa, el valor del voltaje pico es de 465 v = 3vp (Figura 37).

Figura 37: Tercera Etapa del Circuito Multiplicador de Tensión.

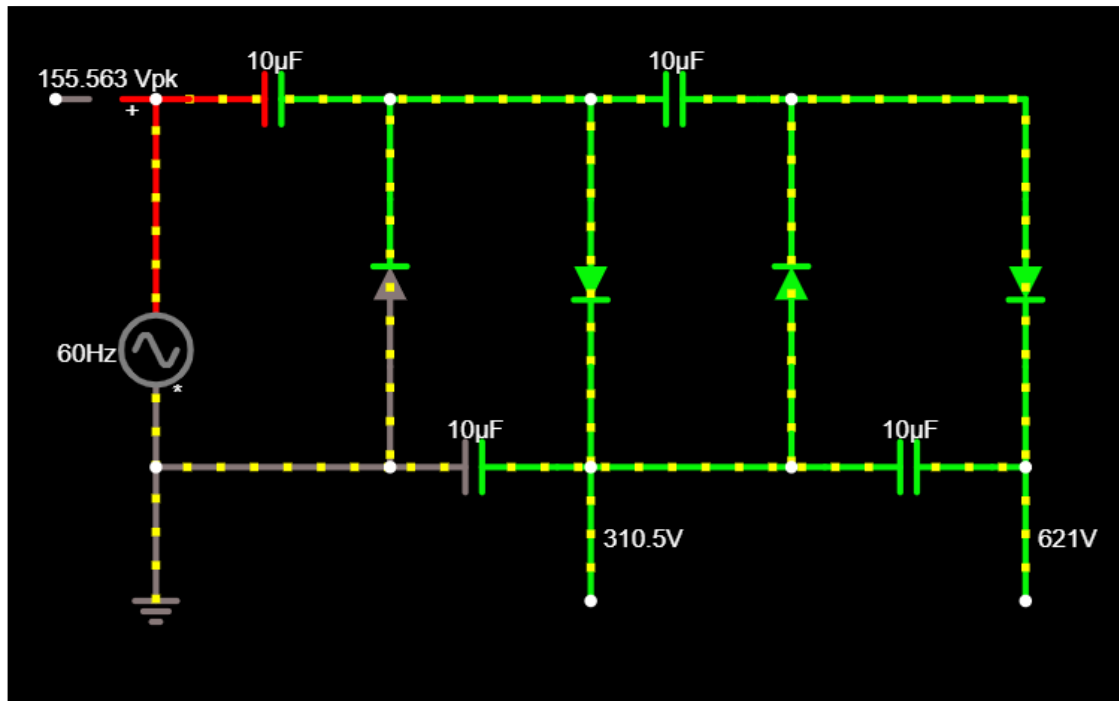


Fuente: Autor

Link del Simulador en Tiempo Real Tercera Etapa: <https://tinyurl.com/ygp3ktpm>

• **Cuarta Etapa:** Se adiciona un cambiador de nivel negativo, es decir, la etapa 2 se replica para la etapa 4, alternándose los cambiadores de nivel, siendo la medición desde la etapa 1 hacia el extremo, en este caso, hacia la etapa 4. En esta etapa, el valor del voltaje pico es de 620 v = 4vp (Imagen 38).

Figura 38: Cuarta Etapa del Circuito Multiplicador de Tensión.



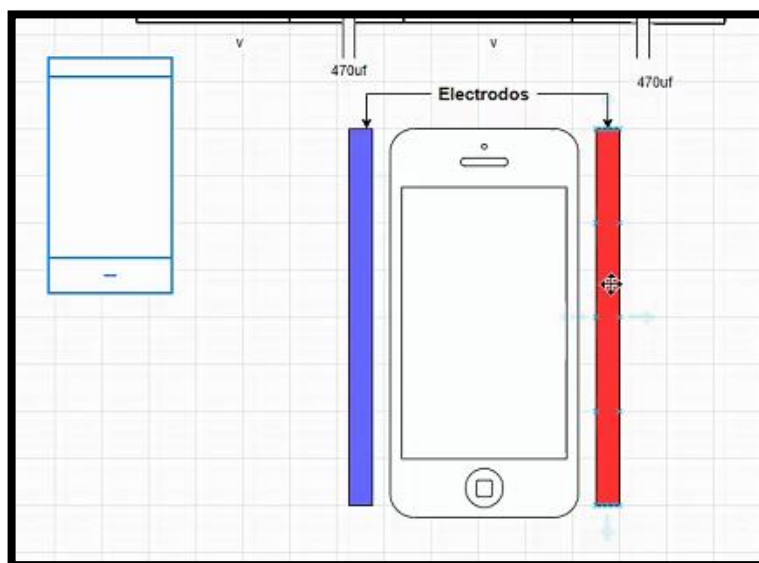
Fuente: Autor

Link del Simulador en Tiempo Real Cuarta Etapa: <https://tinyurl.com/yj6mjvpz>

6.1.1.1.3 Electrodo: En términos simples, los electrodos son conductores eléctricos que hacen contacto con una sección no metálica de un circuito, para que la corriente pueda ser aplicada al electrodo correspondiente. Para el caso del efecto Táser deseado, la ubicación en el dispositivo móvil estará lateralmente en forma de bandas metálicas conductoras (en cada uno de los extremos laterales del celular de forma interna – debajo de la carcasa – Figura 39) conectadas circuitalmente al Multiplicador de Voltaje (Figura 40), y que al hacer contacto entre esas dos láminas al momento de tomar el celular, obliga al individuo a soltarlo inmediatamente, por la descarga eléctrica que se libera de los condensadores de 620 voltios.

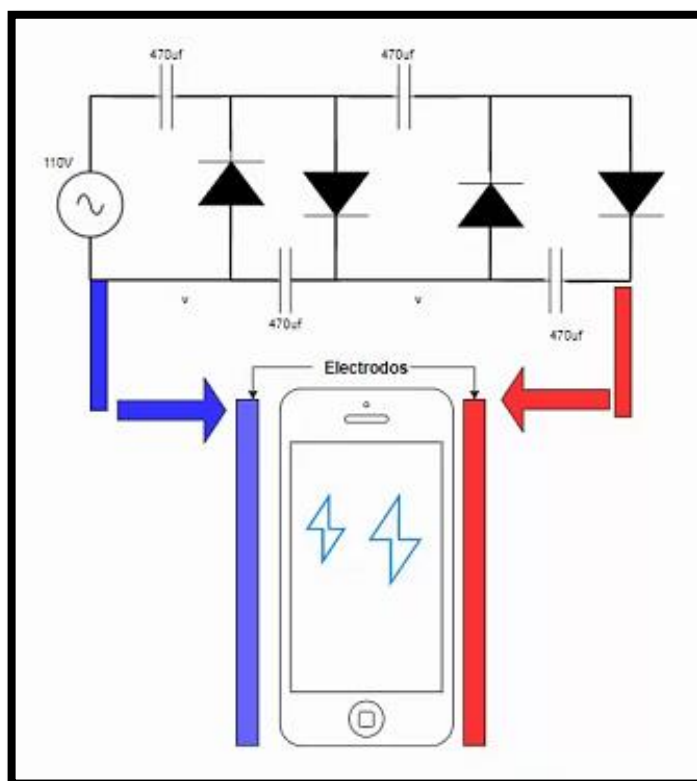
El hecho de soltar el celular por parte del individuo al momento de tomarlo, es por la acción refleja de la electroestimulación muscular que sucede en las fibras y tendones del cuerpo, específicamente en la mano. Las bandas metálicas están estratégicamente colocadas lateralmente, ya que al agarrar el celular, siempre se suele hacer con la mano, rodeándolo o abrazándolo completamente con la palma, conllevando esto, a que inmediatamente por contacto, se libere una descarga eléctrica que obliga a la persona a soltar el aparato de forma inmediata.

Figura 39: Electrodo (Bandas Metálicas Conductoras Puestas En Cada Extremo Del Celular De Forma Interna).



Fuente: Autor

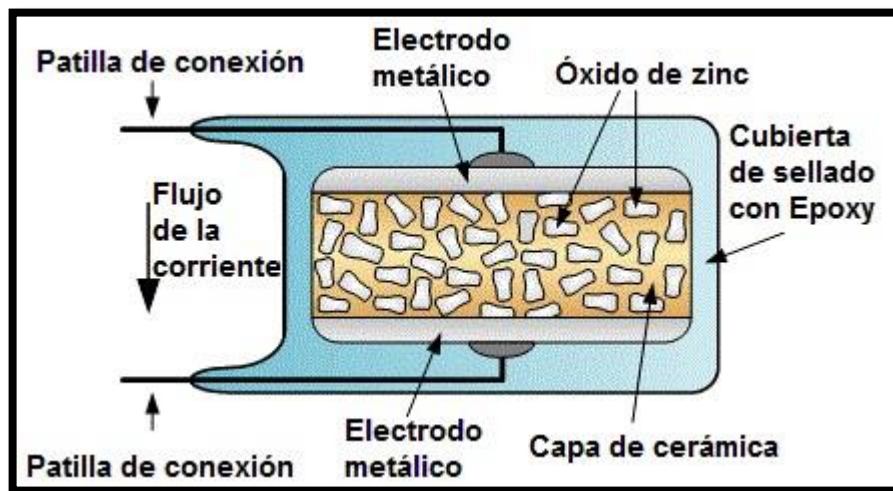
Figura 40: Electrodo Conectados Circuitalmente al Multiplicador de Voltaje.



Fuente: Autor

En la Figura 41, haciendo alusión a la estructura interna de un Táser, se observan los electrodos colocados a cada extremo interno del aparato, acoplados a unas patillas de conexión en donde se presenta el flujo de corriente al momento de ser accionado, que en este caso sería un accionamiento voluntario por parte del individuo que lo posee en pos de defensa, ataque y protección. Con esto se representa el modelo gráfico similar a las bandas laterales a colocar en el celular para causar el efecto deseado (evitar que el aparato móvil sea hurtado). Caso contrario, se aclara que el efecto del Sistema Táser implementado en el celular es para efectos de protección al aparato en caso de hurto o robo y no en caso de ataque, defensa o protección.

Figura 41: Electrodos Estructura Interna Táser.



Fuente: <https://mielelectronicafacil.com/componentes/varistor/#aplicaciones>

6.1.1.2 Parte Estructural: Con la información adquirida en la Base de Datos, y los software a trabajar para esta fase, se realiza un análisis detallado del paso a paso para el modelamiento en 3D de su estructura física. Como relevancia estructural, compete el diseño ergonómico de la carcasa ajustada al aparato móvil celular, ya que el Sistema Multiplicador de Voltaje compone un espacio a tener en cuenta. Las actividades para tal fin, se desarrollan en la ejecución del software de modelamiento e impresión, al igual que la importación de librerías que nutran el objetivo deseado.

6.1.1.2.1 Dispositivo Móvil: El tipo de dispositivo móvil, para la prueba piloto simulada, está según dimensiones y características trabajadas en el software de simulación y modelamiento denominado Tinkercad. Dichas dimensiones se contemplaron de acuerdo al tamaño actual existente en los teléfonos móviles, teniendo como base un promedio aproximado de dichas medidas.

Para el caso de este modelo, las medidas trabajadas son (Figura 44):

- 154,12 mm de largo (15 cm)
- 59,16 mm de ancho (6 cm)
- 12,96 mm de alto (1,3 cm)

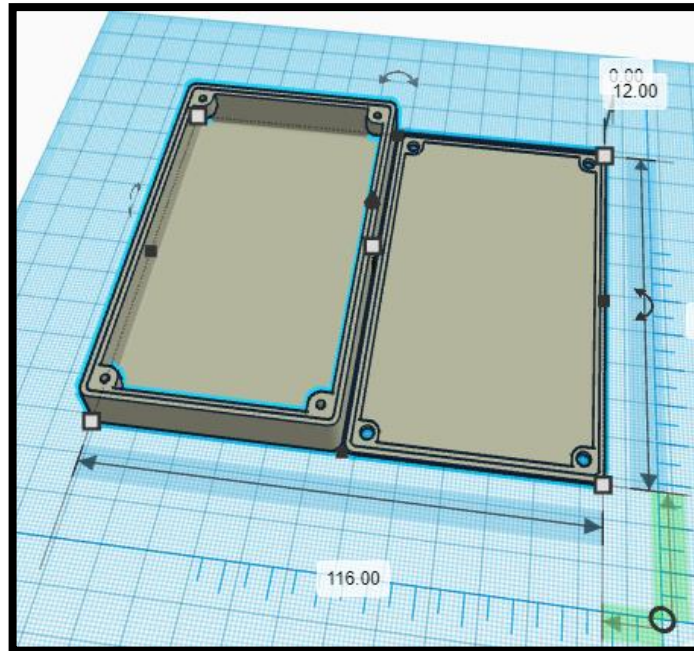
Medidas que también enmarcan la puesta del circuito entre la carcasa y el dispositivo en sí, teniendo en cuenta que la parte circuital más los electrodos, yacen debajo de la carcasa. Cabe anotar que la carcasa modelada en 3D hace las veces de la tapa posterior del aparato celular (Figura 42), permitiendo por un lado, reemplazar la tapa original del celular y por otro lado, contrario a esto, cubrir dicha tapa, pero con los componentes dispuestos y cubiertos manteniendo el espacio necesario para ello (Figura 43).

Figura 42: Modelamiento Carcasa Celular en Tinkercad.



Fuente: Autor

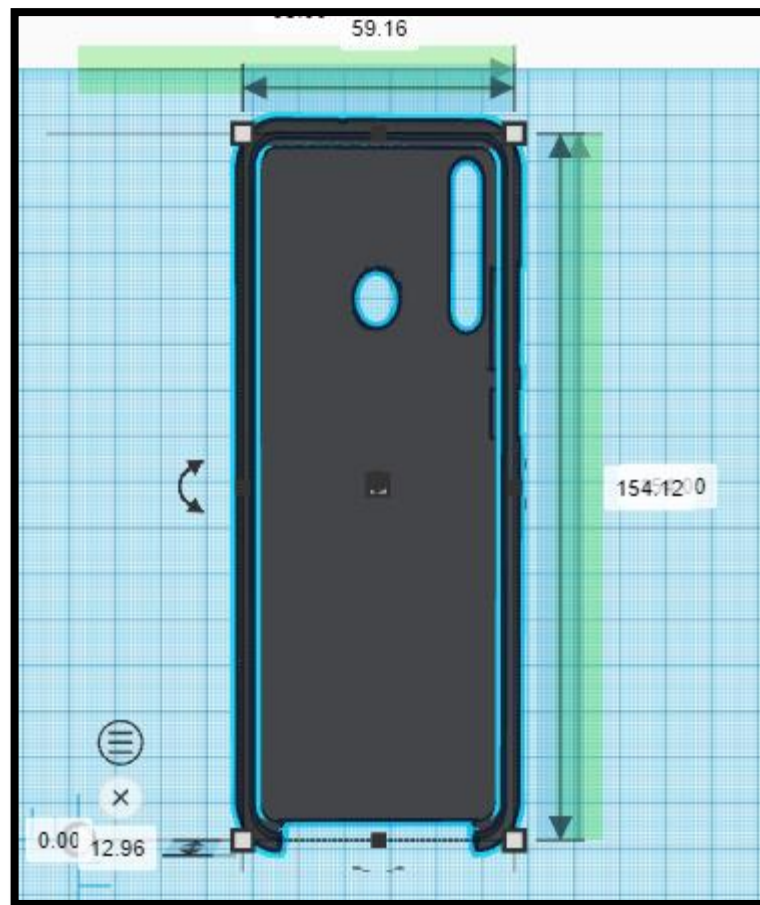
Figura 43. Caja Protectora del Circuito Potencializador



Fuente: Autor

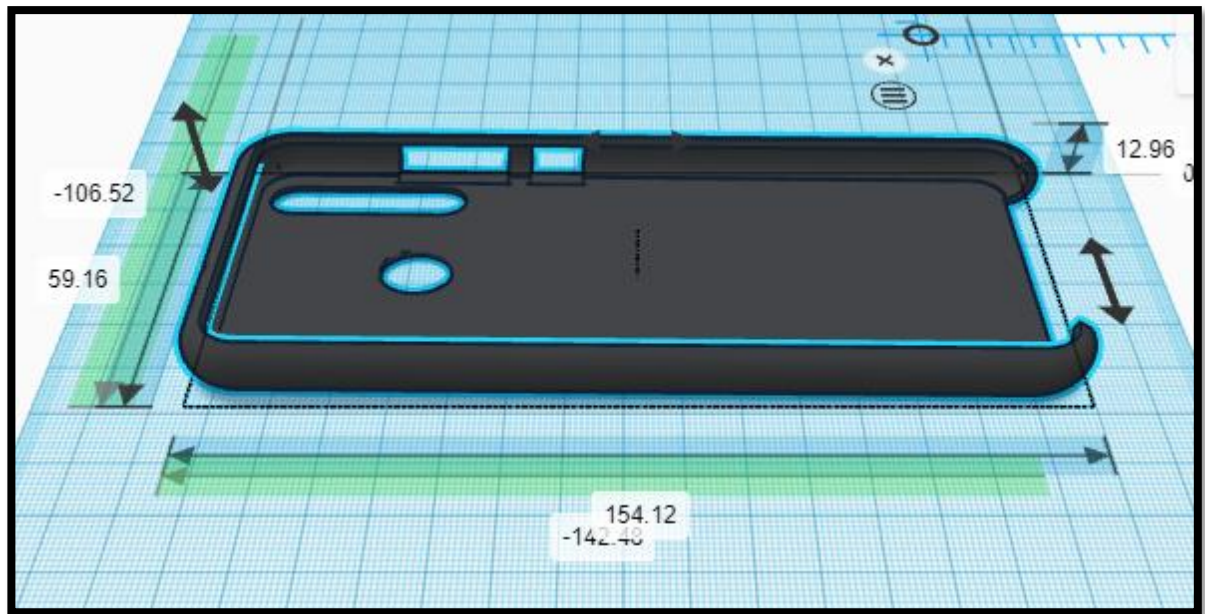
6.1.1.2.2 Carcasa Celular: El software de modelamiento permite realizar la creación de la carcasa que cubre al celular en la parte posterior, de la forma y el estilo que se quiera, según modelo y tamaño del aparato, ventaja que se tiene para dispositivos de diferentes medidas. En las figuras 44 y 45 se evidencia el modelamiento en 3D de la carcasa en el software trabajado.

Figura 44: Modelamiento 3D Carcasa Vista Interna.



Fuente: Autor

Figura 45: Modelamiento 3D Carcasa Vista En Todas Las Dimensiones.



Fuente: Autor

Link del Simulador de Modelamiento en 3D Tinkercad:

https://www.tinkercad.com/things/h1z96XIJmfy-ingenuous-jaiks/edit?sharecode=gEnUounjfs2StK30Z-h1Hv455BaLRu5y_aKP5JyWIKs

Tinkercad es un software gratuito creado en 2011 por Kai Backman (ex ingeniero de Google) y Mikko Mononen (cofundador). En 2013 fue adquirido por Autodesk, la empresa con mayor reconocimiento en programas de diseño en tercera dimensión. La dimensión en 3D se realiza por una geometría sólida constructiva (CGS) que posee²⁸.

Este software CAD permite crear modelos complejos combinando objetos simples y dando al usuario libertad de modelado. El software de igual manera, permite agregar circuitos electrónicos al modelamiento 3D. Posee tres (3) formatos de almacenamiento (STL, OBJ y SVG). Cuando el software es cargado con el archivo STL, se prosigue con un software de laminado, que luego el software de corte convierte el 3D en capas delgadas, archivándolo en un código G con instrucciones específicas para un tipo apropiado de impresora → El objeto es dividido en capas

²⁸ Abax. “¿Conoces TinkerCAD? Te hacemos una introducción a este software”. Disponible en: <https://abax3dtech.com/2020/07/30/tinkercad-te-hacemos-una-introduccion/>

planas, describiéndolas como movimientos lineales del extrusor de la impresora 3D. Por lo que el software transforma, duplica y modifica.

Dentro de sus características se tiene que:

- Se basa en CSG para crear modelos complejos.
- Es compatible con diversas aplicaciones.
- Es gratuito.
- No se requiere descargar nada para empezar a utilizar.
- Se puede crear diseños totalmente online.
- Se puede realizar programación de circuitos en placa Arduino.

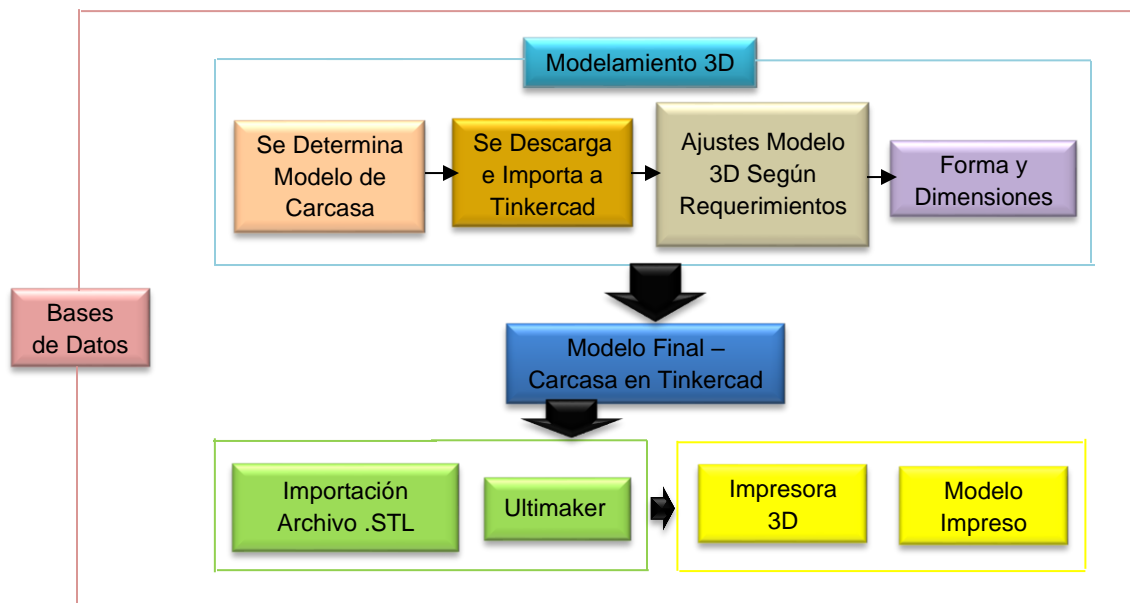
Ventajas:

- Permite crear modelos con luz y movimiento mediante la integración de circuitos electrónicos.
- Transforma diseños 3D en ladrillos construibles similares a los legos.
- Crea diseños compatibles con la aplicación de Minecraft.
- Guardar tus modelos en los formatos STL, OBJ y SVG.

6.2 PROCESO MODELAMIENTO 3D.

Para hacer posible lo dimensionado en la fase de la Parte Estructural del proyecto, se acudió de igual manera a un diagrama de bloques con sus relaciones, evidenciando el proceso del modelamiento en 3D:

Figura 46: Diagrama de Bloques Proceso de Modelamiento en 3D.



Fuente: Autor

6.2.1. Base de Datos: En este paso se recopiló toda la información consultada en bases de datos disponibles, repositorios de biblioteca, etc., para contar con la información necesaria sobre el modelamiento y la impresión 3D. Las actividades para tal fin, se centraron en la búsqueda de información respecto a posibles prototipos.

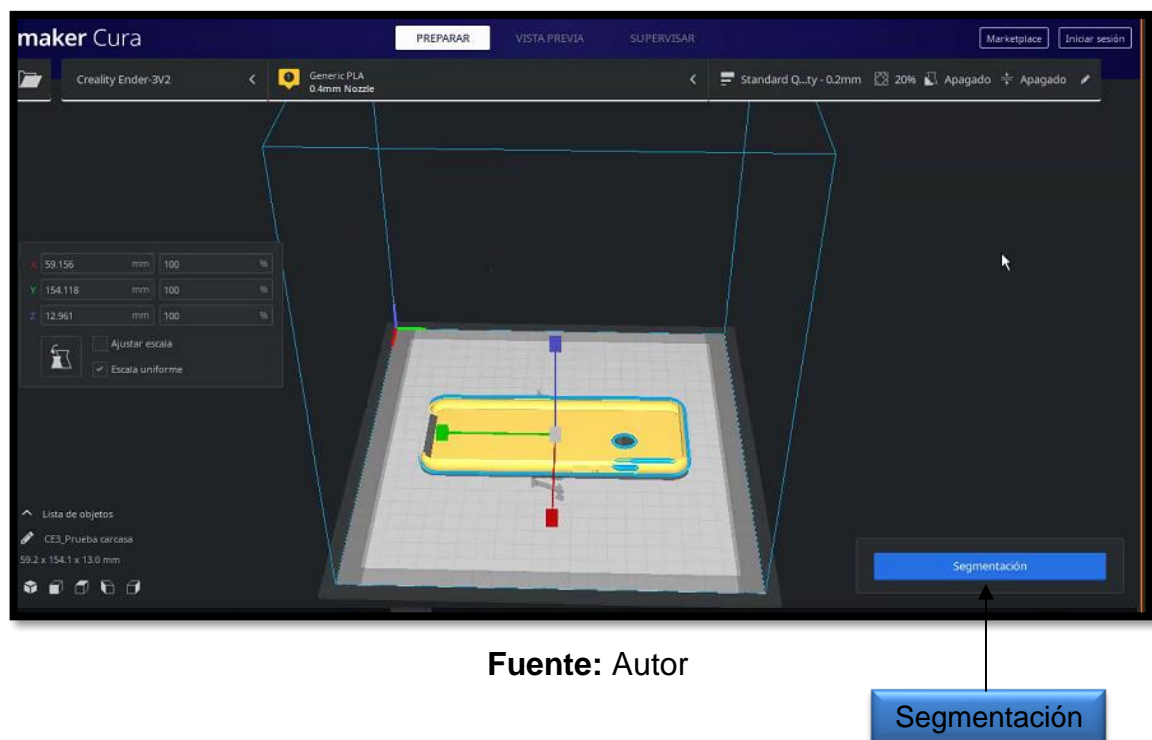
6.2.1.1 Modelamiento 3D: Para empezar con esta fase, primero se determinó el modelo de la carcasa que, como se mencionó en párrafos anteriores, se tuvo dos (2) posibilidades; uno trabajado como creación propia en el software de modelamiento en 3D o dos, explorando los sitios web, como posible ayuda para el modelamiento requerido. Uno de los sitios web contemplados como posible ayuda para este modelamiento es el denominado Thingiverse, que posee archivos de diseño digital que han sido creados por usuarios, con repositorios de innovación. Proporciona diseños de hardware con código abierto y totalmente libre, con licencia GNU (General Public License) o CC (Creative Commons), que según el diseño compartido se utiliza la licencia necesaria. Ideal para hacer su uso en impresoras 3D o cualquier tecnología que cree físicamente los archivos compartidos en este sitio web.

Teniendo el modelo de la carcasa trabajada como creación propia, se descarga y a su vez se importa al software de modelamiento en 3D Tinkercad. Una vez importado

en el software, se realizaron los ajustes necesarios al modelo, con el fin de implementarlo con los requerimientos precisos, dándole forma y tamaño. Sus dimensiones fueron dadas en mm, precisamente para ser posible los ajustes lo más exacto y a su vez, para poder realizar la impresión en el tamaño adecuado en la impresora. Se optimizó su tamaño, especificando las medidas en largo, ancho y alto. Esto conllevó por consiguiente al modelo final deseado, que es la carcasa modelada en 3D (En Tinkercad).

Luego de contar con el modelo final, se realizó la importación del archivo en .STL al software Ultimaker Cura 4.7, que está diseñada para impresoras 3D, modifica parámetros de impresión y los transforma a un código G. Proporciona una interfaz gráfica que prepara modelos para impresión 3D, ajusta el modelo y determina el escenario de la impresora 3D durante la aplicación secuencial de cada capa (Figura 47).

Figura 47. Preparación Modelo 3D Para Impresión (Carcasa)



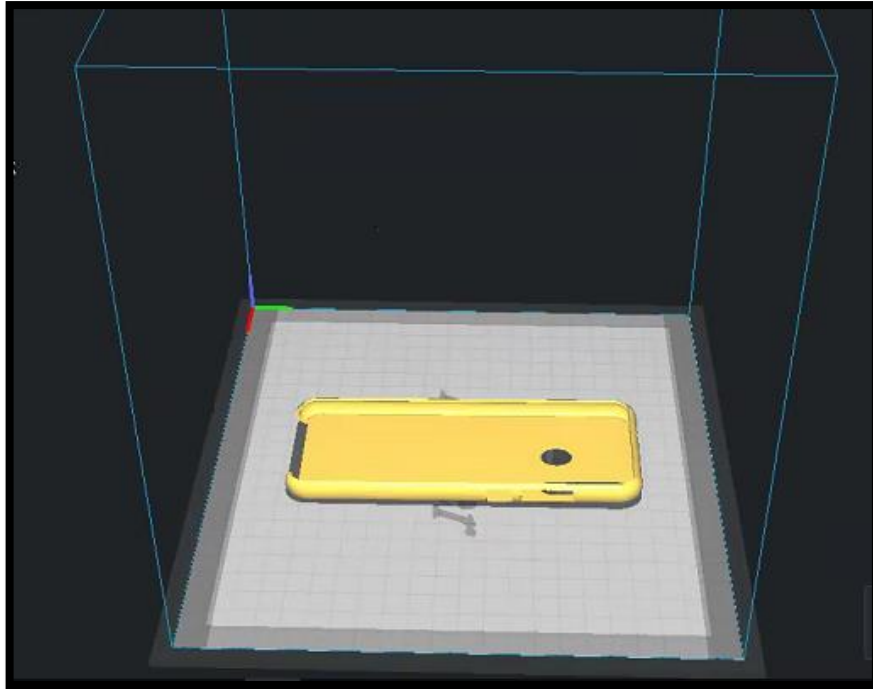
Fuente: Autor

Segmentación

El software empieza a realizar la segmentación (Recuadro en la Figura 47), para estipular tiempo y material PLA en gramos que se utiliza para la impresión. En la Figura 48 se evidencia el modelo a imprimir en 3D. El PLA (Ácido Poliláctico – Figura 49) es un polímero biodegradable, sin emisiones tóxicas que se produce a partir del ácido láctico y se fermenta a partir de cultivos de maíz. Ideal para impresoras 3D,

material estable, barato y se consigue en forma de filamento, trabaja a temperaturas bajas para imprimir e imprime el producto final de manera fuerte y resistente²⁹.

Figura 48: Modelo A Imprimir en 3D En Ejes X, Y, Z.



Fuente: Autor

Figura 49: PLA (Ácido Poliláctico).

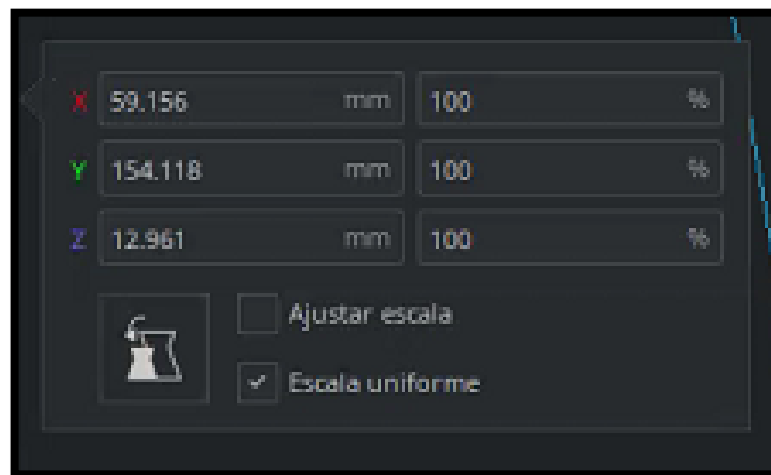


Fuente: <https://descubrearduino.com/que-es-pla/>

²⁹ Tresdpro. “¿Qué es el material PLA?”. Disponible en: <https://tresdpro.com/que-es-el-material-pla/>

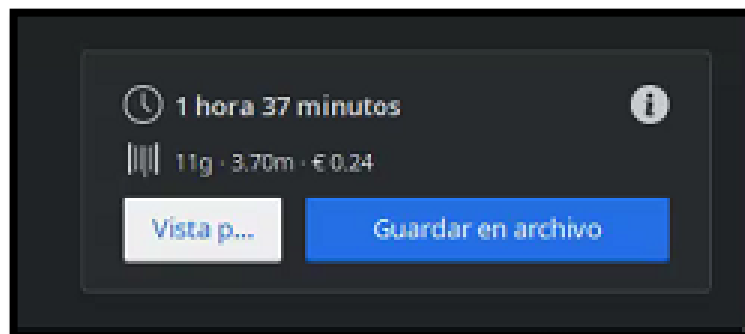
Después del paréntesis del PLA y retomando el tema del software de Ultimaker Cura, se importó el modelo en formatos compatibles (STL, OBJ, X3D, 3MF, BMP, GIF, JPG, PNG), seleccionando las dimensiones (Figura 47) del modelo o prototipo a imprimir (ver medidas en el ítem **6.1.2.1 Dispositivo Móvil**), a su vez el software se encargó de calcular el tiempo estimado de impresión y el material en g a utilizar para la impresión. En la figura 51, el software muestra un tiempo de impresión de 1 hora + 37 minutos, con un gasto de material de 11 g y 3.7 cm de tira de largo.

Figura 50: Dimensiones del Modelo A Imprimir (Carcasa)



Fuente: Autor

Figura 51: Tiempo de Impresión + Gasto de Material del Modelo A Imprimir



Fuente: Autor

Dentro de las características del Ultimaker Cura, se tiene:³⁰

³⁰ Ultimaker Cura. “Una excelente aplicación para preparar modelos para impresión 3D”. Disponible en: <https://blog.desdelinux.net/ultimaker-cura-una-excelente-aplicacion-para-preparar-modelos-para-impresion-3d/>

- Software de código abierto multiplataforma, totalmente gratuita.
- Tipo de uso modelo recomendado.
- Tipo de uso modo personalizado para configurar más de 300 configuraciones.
- Perfiles configurados, para que la configuración de hardware y material sea simple y rápida, con resultados confiables y profesionales.
- Soporte inmediato para formatos de archivo STL, OBJ, X3D y 3MF.
- Amplía su funcionalidad principal con complementos.
- Administra una o más impresoras Ultimaker con capacidad de red desde una sola interfaz.

En la impresora utilizada para tal fin (Impresora 3D Ender 3 – V2 / Figuras 52 y 53), se incorporó el archivo de impresión trabajado en Ultimaker Cura en una memoria SD. En la misma impresora, se ajustó la configuración relacionada con la temperatura de la base y el extrusor. Finalmente, al realizar la impresión, se cumplió con una espera de diez (10) minutos, para retirar el modelo 3D. Dicho modelo ya impreso, es el que se tiene como prototipo de carcasa ajustable en la parte posterior del celular, para cumplir con el cometido de poder incorporar el circuito de potencia en búsqueda del Efecto Táser Deseado en el Dispositivo Móvil Celular Como Método Antirrobo.

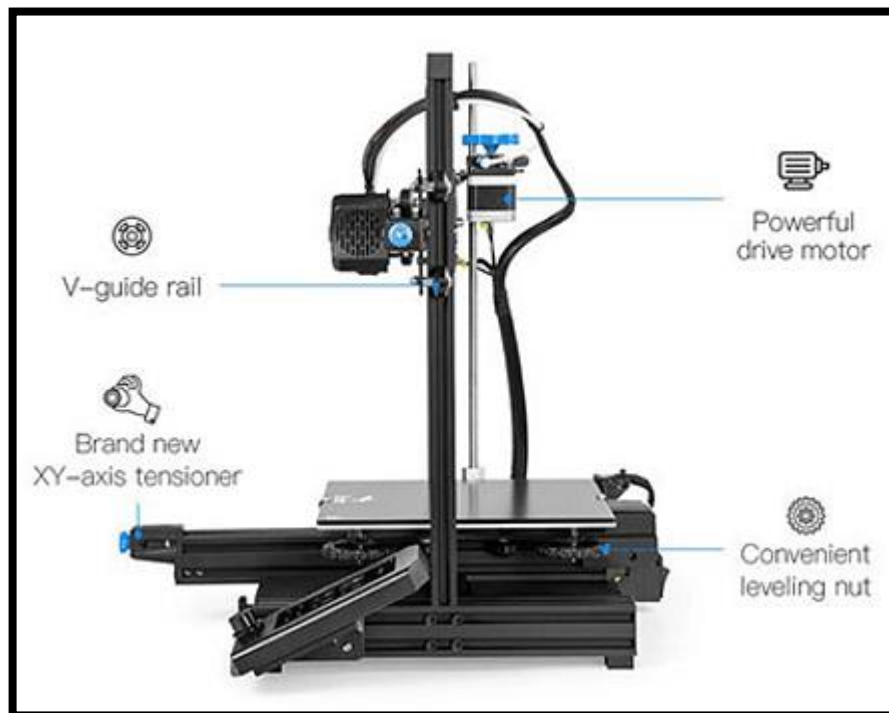
Dicha impresora posee las siguientes características:³¹

- Marca: Creality
- Sku: Ender-3-V2
- Descripción: Impresora 3D Ender 3 V2
- Tecnología de impresión: FDM (Modelado por deposición fundida)

³¹ Arrow 3D. "Impresora 3D Creality Ender 3 V2". Disponible en: <https://arrowti3d.com/impresora-3d-creality-ender-3-v2>

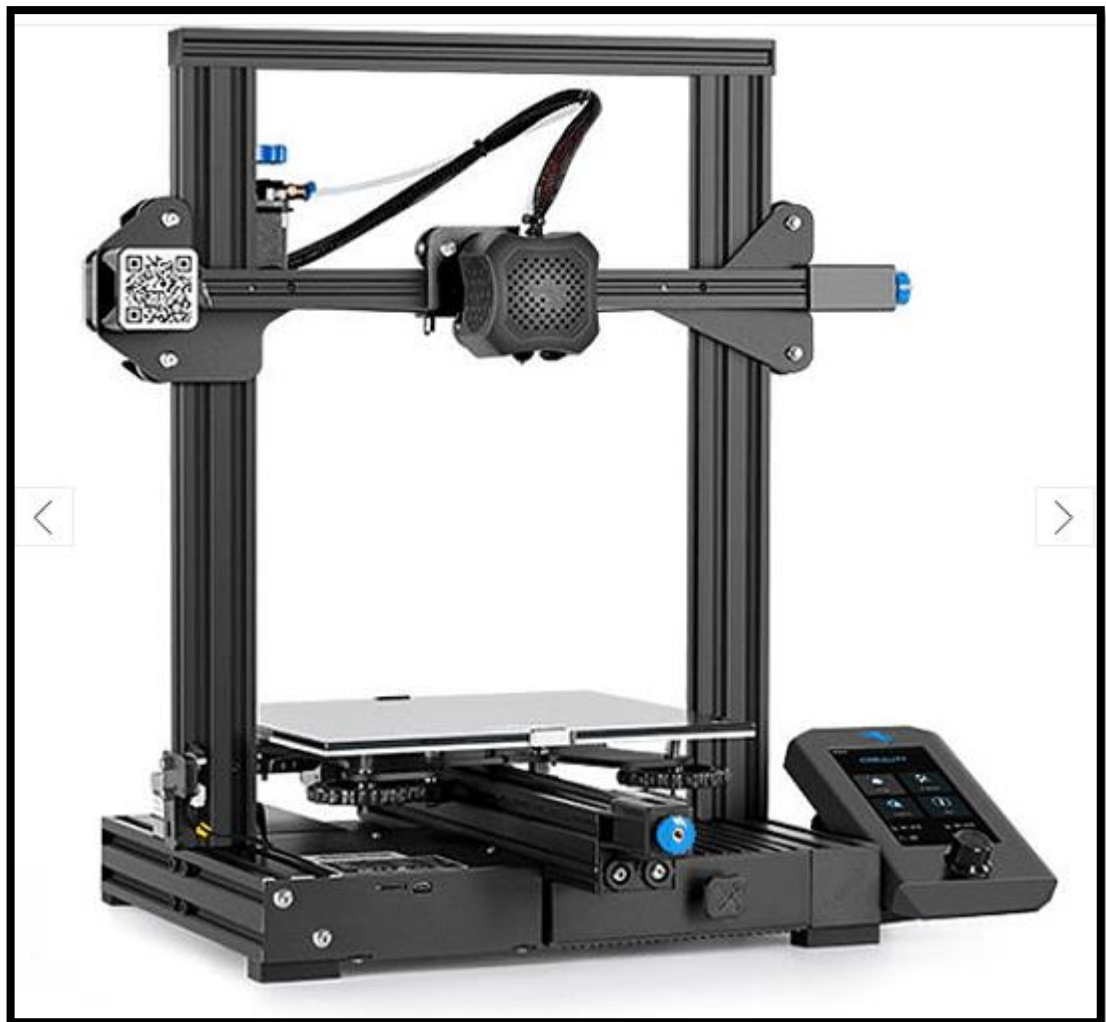
- Área de impresión: 220x220x250 mm.
- Materiales de impresión: ABS, PLA, TPU y PETG.
- Electrónica silenciosa.
- Tensores de correa con perilla.
- Pantalla full color para interfaz de usuario.
- Cama de virio carborum para mayor adhesión.
- Tarjeta de 32 Bits.

Figura 52: Componentes de la Impresora 3D Ender 3 – V2.



Fuente: <https://arrowti3d.com/impresora-3d-creality-ender-3-v2>

Figura 53: Impresora 3D Ender 3 – V2.



Fuente: <https://arrowti3d.com/impresora-3d-creality-ender-3-v2>

7. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Con base en el desarrollo de este Proyecto de Grado que empezó a ser trabajado en su parte estructural, desde la concepción de la idea en el periodo 2019-3 hasta la fecha, se han venido desarrollando una serie de procesos que han dado viabilidad al Trabajo de Grado, pero a su vez también, una serie de sucesos que han retrasado y han puesto en cuello de botella la concepción del mencionado proyecto, obligando a direccionar hacia otras rutas el desarrollo del mismo.

Caso es el hecho de presentarse una pandemia mundial que obligó al confinamiento total y parcial por diferentes periodos de tiempo y a su vez, a la Institución de la Universidad Católica de Colombia, de cerrar sus puertas al estudiantado, ofreciendo la alternativa de clases remotas, asunto que empezó a afectar el desarrollo del proyecto, puesto que ya no se pudo hacer uso de los laboratorios, donde reposan todos los implementos y uno que otro material necesarios para empezar a realizar las pruebas y el montaje físico del circuito potencializador de tensión.

A esto, sumado mi aspecto laborales que, debido a la situación mencionada, mi economía se vio bastante afectada, obligándome a aceptar por parte de mi empresa, un traslado a área rural al oriente del Tolima, para llevar a cabo un proyecto de expansión contemplado por ellos, el caso de no haber aceptado este traslado, me obligaba a no sólo quedarme sin trabajo, sino que a su vez, a no continuar con la universidad, por cuestiones de costos, cumplimiento con mi familia y universidades de mis hijos.

Cuando hago referencia a procesos que han dado viabilidad al Trabajo de Grado, me estoy refiriendo al caso de haber podido concebir la idea para este proyecto, realizando un preámbulo con diferentes docentes ingenieros de la Universidad Católica de Colombia de manera personalizada, a fin de lograr empatibilidad para este idea. De forma concertada se logró un direccionamiento con el asesor para dar rienda suelta a este Proyecto de Grado y poderlo concebir desde el anteproyecto.

De igual forma, cuando hago referencia a sucesos que me obligaron a direccionar hacia otra ruta el desarrollo de mi proyecto, me enfoco en lo explicado en los párrafos anteriores. Por lo que, mi trabajo de grado se vio afectado de manera sustancial en el desarrollo mismo, empezando a trabajar de manera virtual y remota con softwares de simulación. Aun así, sorteando estos impases, se desarrolló de forma simulada y conceptual el trabajo planteado, buscando concebir el efecto deseado.

En primera instancia, se realizó de forma manual un Sistema Multiplicador de Tensión con cálculos apriori, para que a partir de allí, se tomara como referencia un punto de partida de voltaje (110 voltios AC), teniendo en cuenta que el flujo de electricidad de un circuito contempla voltaje (voltios) y corriente (amperios). El fin de este circuito multiplicador de tensión es arrojar los voltios requeridos a la salida para lograr el efecto Táser requerido. Lo anterior se validó, realizando la simulación de dicho circuito en Proteus y Falstad, con el fin de comprobar su veracidad el uno con el otro y validando lo realizado manualmente. Este Circuito Multiplicador produjo una tensión de salida mayor que la tensión de entrada. Para un V_{rms} de 110 v, el v_p de salida fue de 620 v. Para lograr esta tensión de salida, el circuito constó de cuatro (4) etapas o mallas circuitales.

En la primera etapa, a la salida del circuito, fue la tensión v_p actuando como cambiador de nivel positivo siendo el valor del voltaje pico de 155 v (v_p). En la segunda etapa, la señal se cargó en el capacitor en una tensión máxima, cargándose dos (2) veces la tensión pico, siendo el valor del voltaje pico de 310 v ($2v_p$). En la tercera etapa, se cargó hacia la polaridad negativa, que ha sido cambiada por la señal de la parte dos (2), su polaridad de carga del capacitor se cargó negativamente conduciendo a una tensión de dos (2) veces el voltaje pico, por lo que, en la etapa 1 cargó $+v_p$ y en esta $+2v_p$ entregó así tres (3) veces el voltaje pico, siendo un valor de 465 v ($3v_p$). Para la última etapa, la etapa dos (2) se replica para la etapa cuatro (4) entregando como voltaje pico de salida de 620 v ($4v_p$).

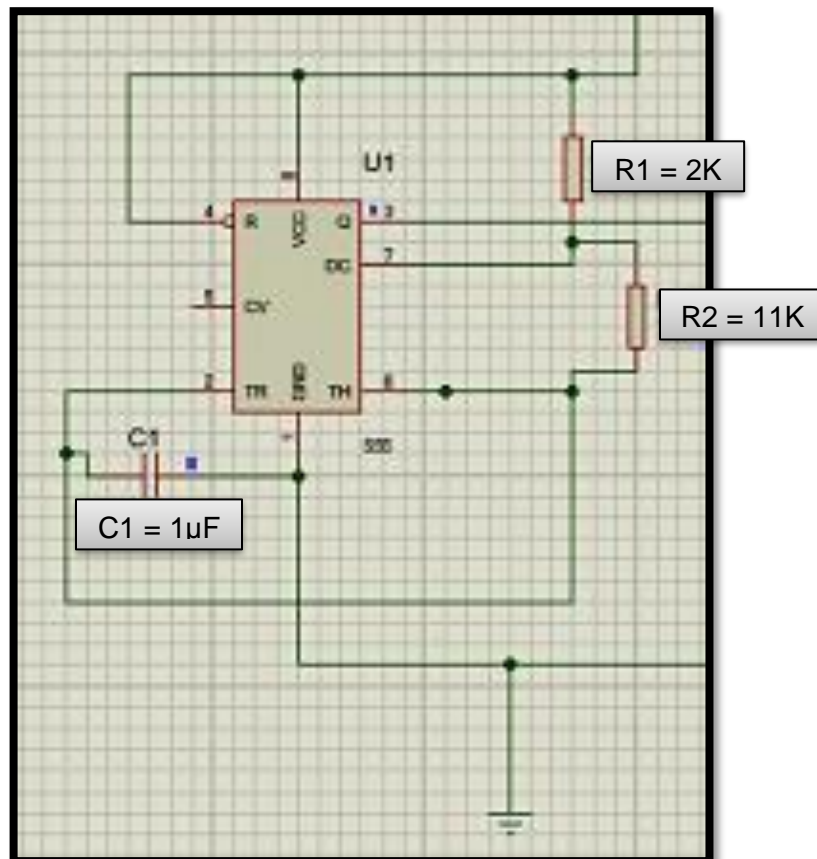
La fuente AC se reemplaza por un transformador elevador, que permite tener un voltaje de entrada de 7,4 v y un voltaje de salida de 110 v (por supuesto arroja una tensión mayor). Dicho transformador elevador, trabajó en la simulación con un voltaje primario de 7,4 v elevando el voltaje de salida a 110 v como voltaje secundario, existiendo así una relación de $\frac{7,4 v}{110 v}$. Seguido se realiza la conducción eléctrica a través de los electrodos ubicados lateralmente en forma de bandas metálicas conductoras a cada uno de los extremos del celular y conectadas circuitalmente al Multiplicador de Voltaje, liberando una descarga eléctrica de los condensadores de 620 v. Cabe resaltar que el voltaje arrojado a la salida corresponde al valor permisible dentro de los valores de corrientes soportados por el ser humano (Ver Tabla 1 – Página 32), espasmos y encogimiento muscular, lo que obliga al individuo a soltar el artefacto por acción refleja debido a la descarga eléctrica.

En segunda instancia, se muestra circuitualmente de forma global, todas las partes que ya integran el Sistema Efecto Táser, conformado por el oscilador (Figura 54), transistores, transformador elevador y el multiplicador de tensión. El oscilador basado en un 555, configurado como un circuito astable, con una frecuencia de 60 Hz, permite generar a la salida una señal de oscilación de dicha frecuencia en un periodo determinado, basado en la fórmula:

$$T = T_c + T_d, \text{ donde la } F = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R1+2R2)*C} = 60 \text{ Hz} \rightarrow F = 60 \text{ Hz}$$

- T_c = Periodo de Carga
- T_d = Periodo de Descarga
- Constante = 1,44
- $R_1 = 2\text{ K}\Omega$
- $R_2 = 11\text{ K}\Omega$
- $C = 1\text{ }\mu\text{F}$

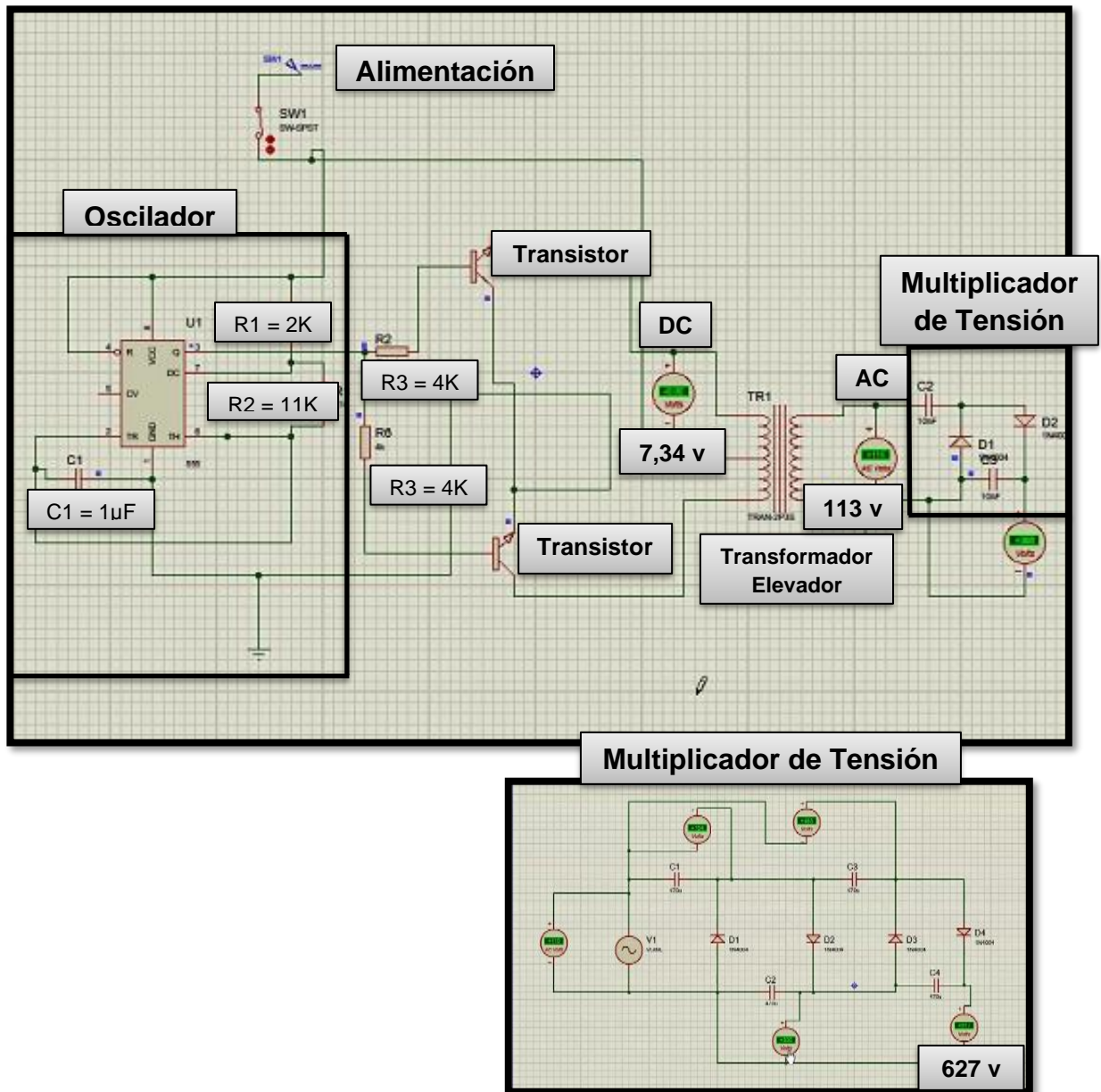
Figura 54: Simulación en Proteus Oscilador 555.



Fuente: Autor

De acuerdo a la salida de 60 Hz se desprenden dos (2) ramas con resistencias de 4 K Ω cada una, las cuales van directamente a dos (2) transistores BJT que son los que realizan la simulación de la oscilación, conectados a un transformador elevador con alimentación de entrada DC y salida AC, siendo esta la funcionalidad de dicho transformador, para conectar finalmente con el multiplicador de tensión. La integración circuital de todo el Sistema Efecto Táser se visualiza en la figura 55.

Figura 55: Simulación Proteus Integración Circuital Todo el Sistema Efecto Táser.



Fuente: Autor

Para este dispositivo Sistema Efecto Táser integrado dentro de un aparato de comunicación móvil, se hizo necesario conocer la impedancia del cuerpo humano, para que la corriente proporcionada a este al momento de la descarga, no superara los valores permisibles y soportables por él, y no llegar a incurrir en implicaciones y/o afectaciones lamentables al organismo. Por lo que se mencionan las diferentes variables que influyen en la descarga eléctrica corporal (Tabla 3):

Tabla 3: Variables Que Influye En La Descarga Eléctrica Corporal

En Relación A Las Características Del Dispositivo	En Relación A Los Efectos Producidos	En Relación A Los Factores Internos Del Cuerpo
Intensidad	Tiempo de aplicación de la descarga sobre el cuerpo	Impedancia del cuerpo
Tensión	Recorrido de la corriente por el cuerpo	Temperatura
Frecuencia de la electricidad aplicada	Presión de contacto	Grado de humedad de la piel
Superficie de Contacto	Superficie de contacto	Grosor de la epidermis

Fuente: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062013000200003

De igual manera, se contemplan también factores adicionales que influyen en la descarga eléctrica corporal como lo son:

- La tensión aplicada
- La edad
- El sexo
- La salud sistémica corporal
- La fisiología del cuerpo humano
- El estado de la superficie de contacto
- La humedad corporal
- La suciedad de la piel
- La trayectoria de la corriente
- El alcohol en la sangre
- La presión de contacto, etc.

Considerando entonces estos múltiples factores y que han sido determinados experimentalmente en diferentes estudios alusivos al Táser como arma eléctrica no letal, la carga resistiva corporal se consideró en cierto grado aleatorio y que para el organismo humano y como base de cálculo, se tomaron los siguientes valores

según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Tabla 4) y que, como valor medio, dicho reglamento fija el valor de la resistencia eléctrica del cuerpo humano en un valor medio de 2.500 Ohmios, ya que el cuerpo humano actúa como un semiconductor y de ahí que su resistencia varíe con la tensión:

Tabla 4: Valores de la Resistencia Eléctrica del Cuerpo Humano Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

Valores Límites	Resistencia Eléctrica del Cuerpo Humano
Máximo	3.000 Ohmios
Medio	Entre 1.000 a 2.000 Ohmios
Mínimo	50 Ohmios

Fuente: https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/1/1_5_3_3.htm

También a consideración se tuvo la tensión aplicada al cuerpo humano, que es la tensión de contacto por un elemento conductor y que este efecto de la corriente cuando el cuerpo se electriza difiere de las características de la persona afectada a saber:

- Estado Físico
- Estado Psicológico
- El alcohol que el individuo contenga
- Nerviosismo
- Excitación del sujeto
- Existencia de problemas cardiacos
- Sexo
- Fatiga o cansancio, etc.

Para calcular la tensión y la corriente del dispositivo trabajado en el cuerpo humano, se hizo obligatorio conocer la impedancia de este (Tabla 5):

Tabla 5: Impedancias del Cuerpo Humano

Impedancias	Características
Total	Impedancia de la piel (Punto de contacto) + Impedancia interna del cuerpo
Del punto de contacto	Parte resistiva (Porosidad de la piel) y Parte capacitiva (Membrana Semiconductora)
Interior del cuerpo	Parte resistiva con un valor aproximado de 500 Ω

Fuente: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062013000200003

Por lo tanto, al disponer del valor de la impedancia corporal ($2,5\text{ K}\Omega$) + el valor de la descarga 4Vp (617 V – Figura 29 Pág. 53) + la corriente eléctrica soportada por el ser humano (10 mA – Tabla 1 Pág. 32), se pudo calcular el valor de la corriente que circula por el cuerpo humano al momento del contacto con el aparato y generar la descarga eléctrica, respetando dicho valor de la tabla 1 y aplicando la Ley de Ohm:

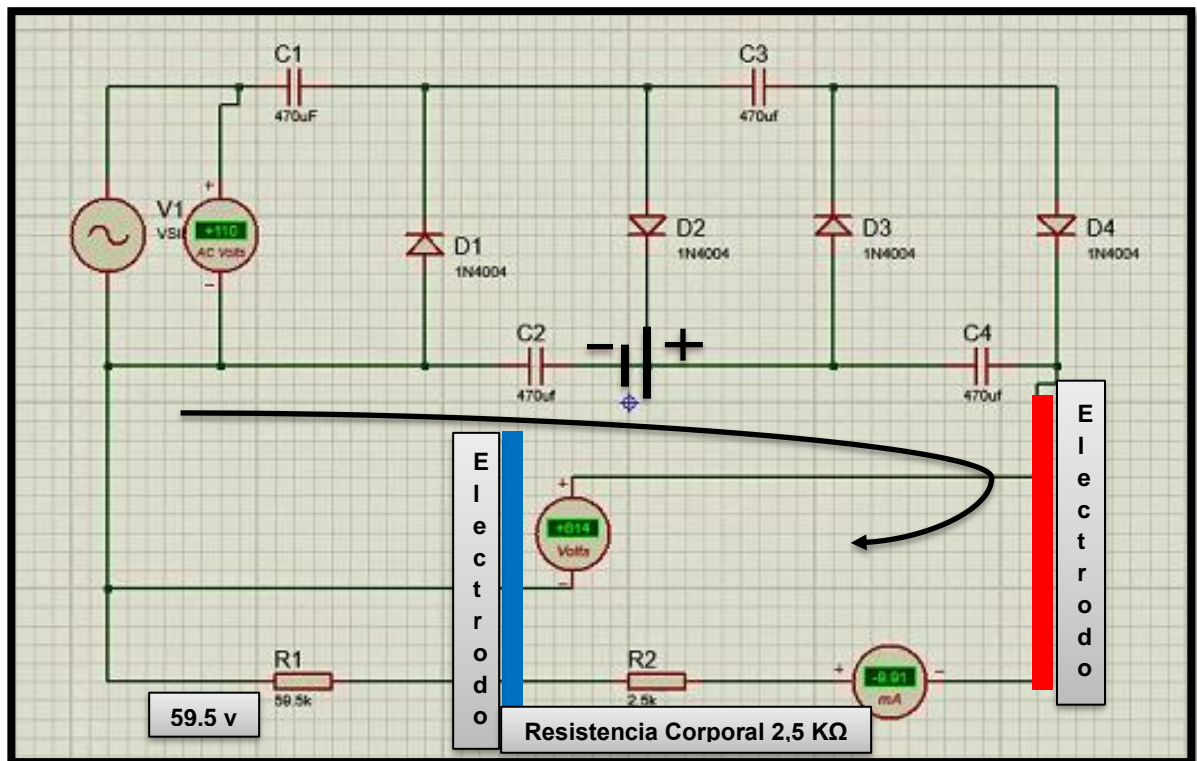
$$R_{\text{total}} = \frac{617\text{ V}}{10\text{ mA}} = 61,7\text{ K}\Omega \approx 62\text{ K}\Omega$$

$$\text{Por lo tanto; } \frac{617\text{ V}}{62\text{ K}\Omega} = 9,95\text{ mA}$$

$$R_{\text{total}} = R_{\text{serie}} + R_{\text{corporal}} \rightarrow 62\text{ K}\Omega - 2,5\text{ K}\Omega = 59,5\text{ K}\Omega$$

En la figura 56 se observa la simulación circuital de los valores aplicados en la Ley de Ohm, adicionándose una nueva malla con un disparo del sistema +/-:

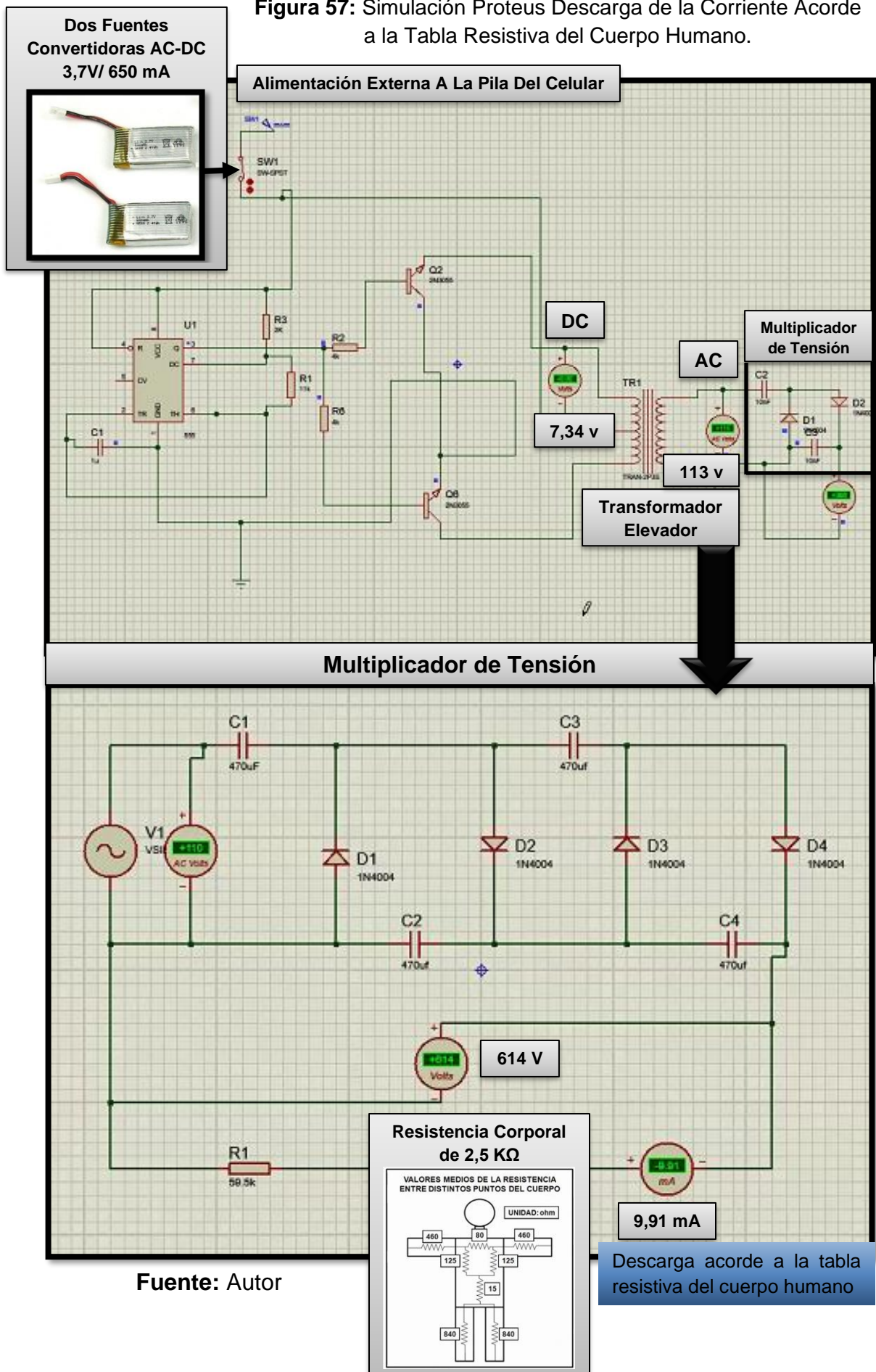
Figura 56: Simulación Circuital Proteus V/r Corriente Soportado Por El Ser Humano.



Fuente: Autor

En el circuito de la figura 57 se conectan las dos (2) fuentes convertidoras AC-DC para arrojar la descarga eléctrica de 4vp (614 v) y $9,91\text{ mA}$.

Figura 57: Simulación Proteus Descarga de la Corriente Acorde a la Tabla Resistiva del Cuerpo Humano.



La Comisión Electrotécnica Internacional emitió la Norma CEI 479, en la que hace alusión de los efectos de la electricidad sobre el cuerpo humano, define varios parámetros a saber cómo, la impedancia total del cuerpo en función de la tensión y frecuencia aplicadas o los efectos fisiopatológicos que puede producir una AC a su paso por un cuerpo humano, estableciendo cuatro (4) umbrales para la intensidad de la corriente:³²

1. **Umbral de Percepción:** Valor mínimo de la corriente que provoca una sensación a quien le pasa esta corriente. Por lo general, no hay ninguna reacción.
2. **Umbral de Reacción:** Valor mínimo de la corriente que provoca contracción muscular a partir de 10 mA desencadenando contracciones de la musculatura esquelética. Por lo general, no hay efecto fisiológico peligroso.
3. **Umbral de No Soltar:** Valor máximo de la corriente que permite a la persona realizar la acción de soltar. Al ser la duración mayor a dos (2) segundos, se producen contracciones musculares que dificultan la respiración o fallos cardíacos sin llegar a la fibrilación ventricular.
4. **Umbral de Fibrilación Ventricular:** Valor mínimo de la corriente que puede provocar fibrilación ventricular, con riesgo de paro cardíaco, paro respiratorio o quemaduras graves.

Por lo que el trabajo presentado en este documento, aluce que se realizó el Sistema Efecto Táser dentro del Umbral de Reacción, donde no hay un efecto fisiológico peligroso que desencadene un daño colateral sistémico o un efecto fisiopatológico adverso. Adicional a esto, la Norma CEI 479 establece alteraciones de la piel humana en función de la densidad de la corriente por un área determinada y el tiempo de exposición a la corriente, clasificadas en cuatro (4) zonas:

1. **Zona Cero:** No se presenta alteración de la piel, a no ser que el tiempo de exposición sea de varios segundos, en donde la piel tome un color grisáceo con superficie rugosa.

³² Cuadernos de Medicina Forense. "Armas eléctricas: ¿Qué sabemos? ¿Qué ignoramos? - Electronic control devices: what is known? what is unknown? versión On-line ISSN 1988-611X versión impresa ISSN 1135-7606. Cuad. med. forense vol.19 no.3-4 Málaga jul./dic. 2013. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062013000200003

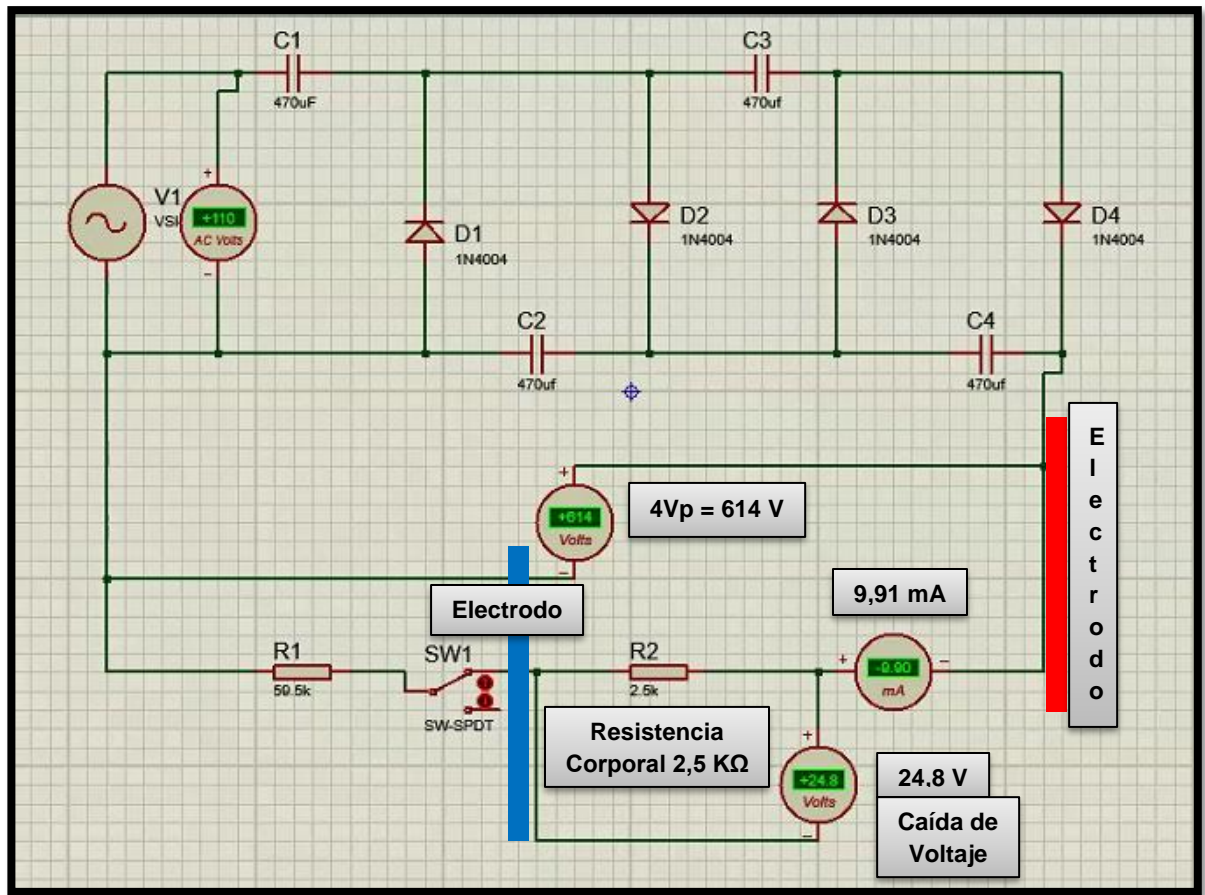
2. **Zona Uno:** Se presenta enrojecimiento de la piel, con un hematoma en la superficie de contacto.
3. **Zona Dos:** Se presenta coloración oscura de la piel. Al ser la duración de varias decenas de segundos, se produce hematoma alrededor de la zona de contacto.
4. **Zona Tres:** Se presenta carbonización de la piel.

Al tener en cuenta la tensión de la descarga de la corriente (9,91 mA), y el voltaje entre los dos puntos de los electrodos y la resistencia corporal del individuo, se presentó una caída de tensión de 24,8 V a través de un interruptor, para simular la descarga eléctrica mostrada en la simulación de la figura 58, y comprobado matemáticamente a través de una división de voltaje, como se observa a continuación:

$$\begin{aligned} V_{total} &= 614 \text{ V} \\ V_{R1} &= 59,5 \text{ K}\Omega \\ V_{R2} &= 2,5 \text{ K}\Omega \text{ (Voltaje corporal)} \\ \text{Por lo tanto; } V_{R2} &= \frac{V_{total} * (R2)}{R1 + R2} \rightarrow \frac{614 \text{ V} * (2,5 \text{ K}\Omega)}{59,5 \text{ K}\Omega + 2,5 \text{ K}\Omega} = 24,75 \text{ V} \end{aligned}$$

Con lo anterior se afirma que la caída del voltaje es muy pequeña, generándose la descarga de la corriente cuya tensión es pequeña, manteniéndose dentro de los parámetros requeridos para generar el Efecto Táser deseado en el aparato de comunicación móvil.

Figura 58: Simulación en Proteus Caída de Voltaje



Fuente: Autor

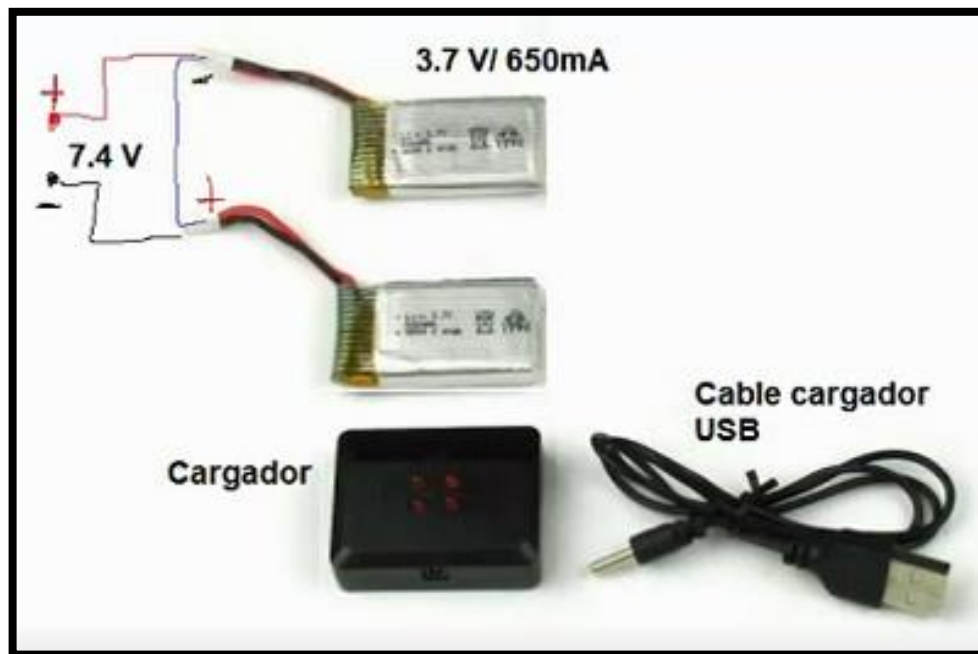
Continuo a esto, se realiza el modelamiento de la carcasa y caja protectora donde irá depositado el dispositivo circuital. Este modelamiento se realiza en el software de modelamiento en 3D Tinkercad, de forma que el modelo final es importado en un archivo .STL al Software de preparación de parámetros del prototipo denominado Ultimaker Cura 4,7 diseñado para impresoras 3D. En la impresora 3D Ender 3 – V2, se incorpora el archivo de impresión trabajado en mencionado software, en una memoria SD. En la misma impresora, se ajusta la configuración de temperatura de la base y el extrusor. Finalmente, se realiza la impresión del modelo 3D. Dicho modelo ya impreso, es el que se tiene como prototipo de carcasa ajustable en la parte posterior del celular, para cumplir con el cometido de poder incorporar el circuito de potencia en búsqueda del Efecto Táser Deseado en el Dispositivo Móvil Celular Como Método Antirrobo. En la figura 66 se evidencia el modelo global del circuito y el prototipado simulado para este proceso.

En la caja protectora del dispositivo circuital se ubican con las medidas pertinentes de cada componente (Figura 64):

- Las baterías de 3,7 v / 650 mA recargable (Son dos baterías – Figura 58) de 8 x 25 x 42 mm (Color Rojo)
- El oscilador 555 (Color Verde) – Figura 59
- El transformador Elevador (Color Amarillo) de 30 x 20 x 180 mm (Figura 60)
- El cargador (Color Negro) - Figura 58
- El multiplicador de tensión (Color Azul) – Figura 61

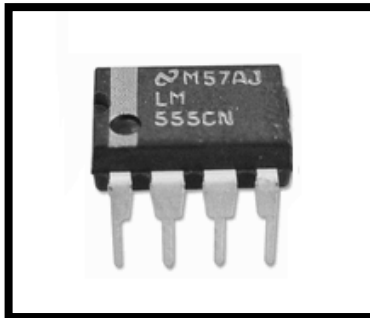
En la figura 62 se observa el diseño del circuito impreso por debajo de las pistas en PCB y en la figura 63 se observa el mismo diseño, pero impreso por encima de las pistas visto en 3D.

Figura 59: Baterías 3,7 v/650 mA Recargable + Cargador + Cable Cargador USB.



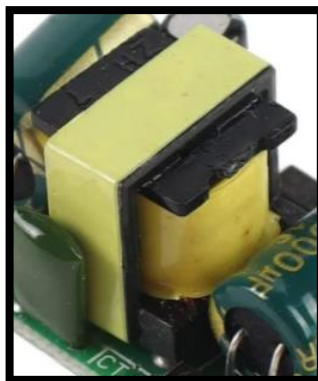
Fuente: https://www.mundorcx.com/syma/8270-4-baterias-de-37v-650mah-y-1-multi-cargador-drone-syma-x5hw.html?search_query=baterias&results=130

Figura 60: Oscilador 555.



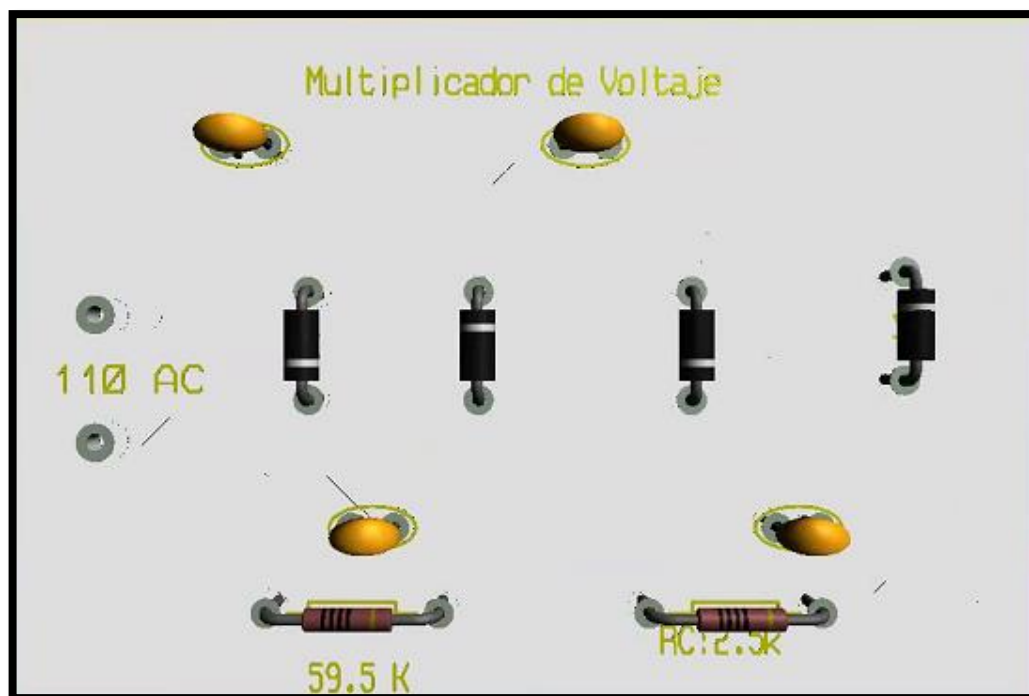
Fuente: <https://medium.com/@m.monroyc22/temporizador-555-243abcb933a5>

Figura 61: Transformador Elevador



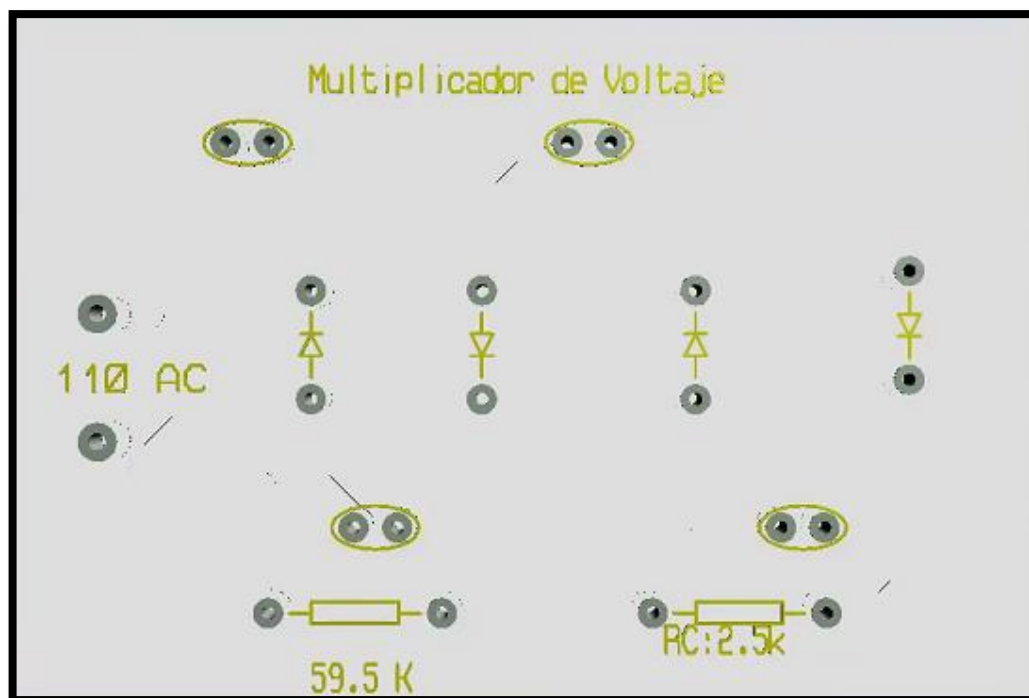
Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co/-fuente-adaptador-convertidor-ac-dc->

Figura 62: Multiplicador de Voltaje en Proteus Modelado 3D



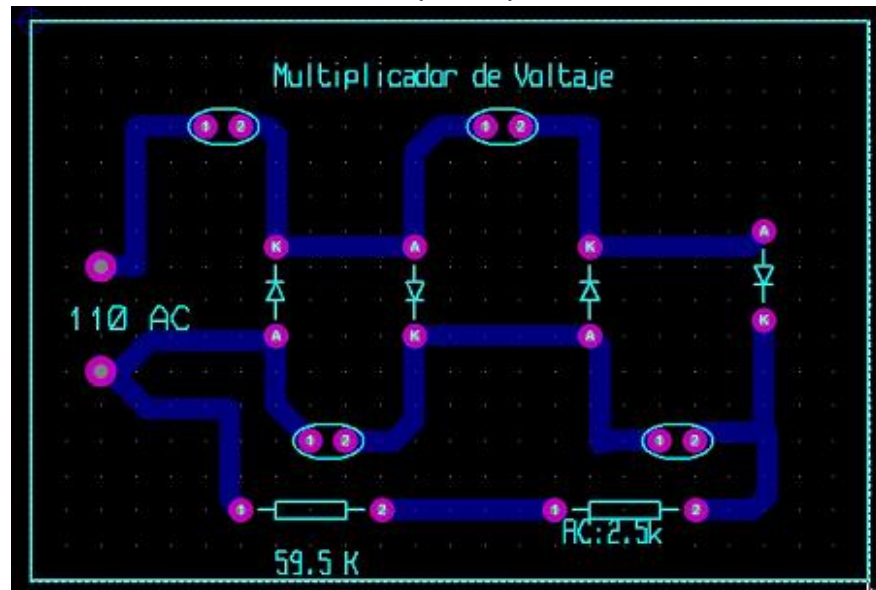
Fuente: Autor

Figura 63: Diseño del Circuito Impreso por Debajo de las Pistas en PCB



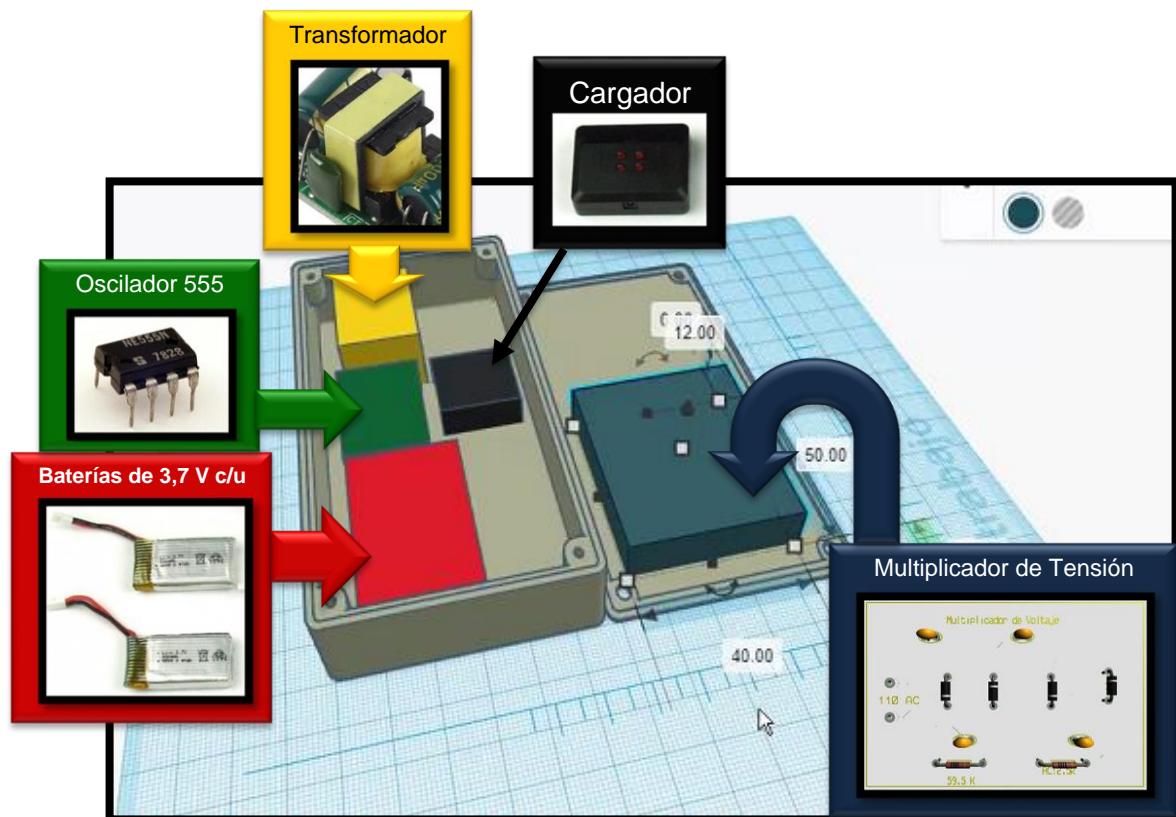
Fuente: Autor

Figura 64: Diseño del Circuito Impreso por Encima de las Pistas en 3D



Fuente: Autor

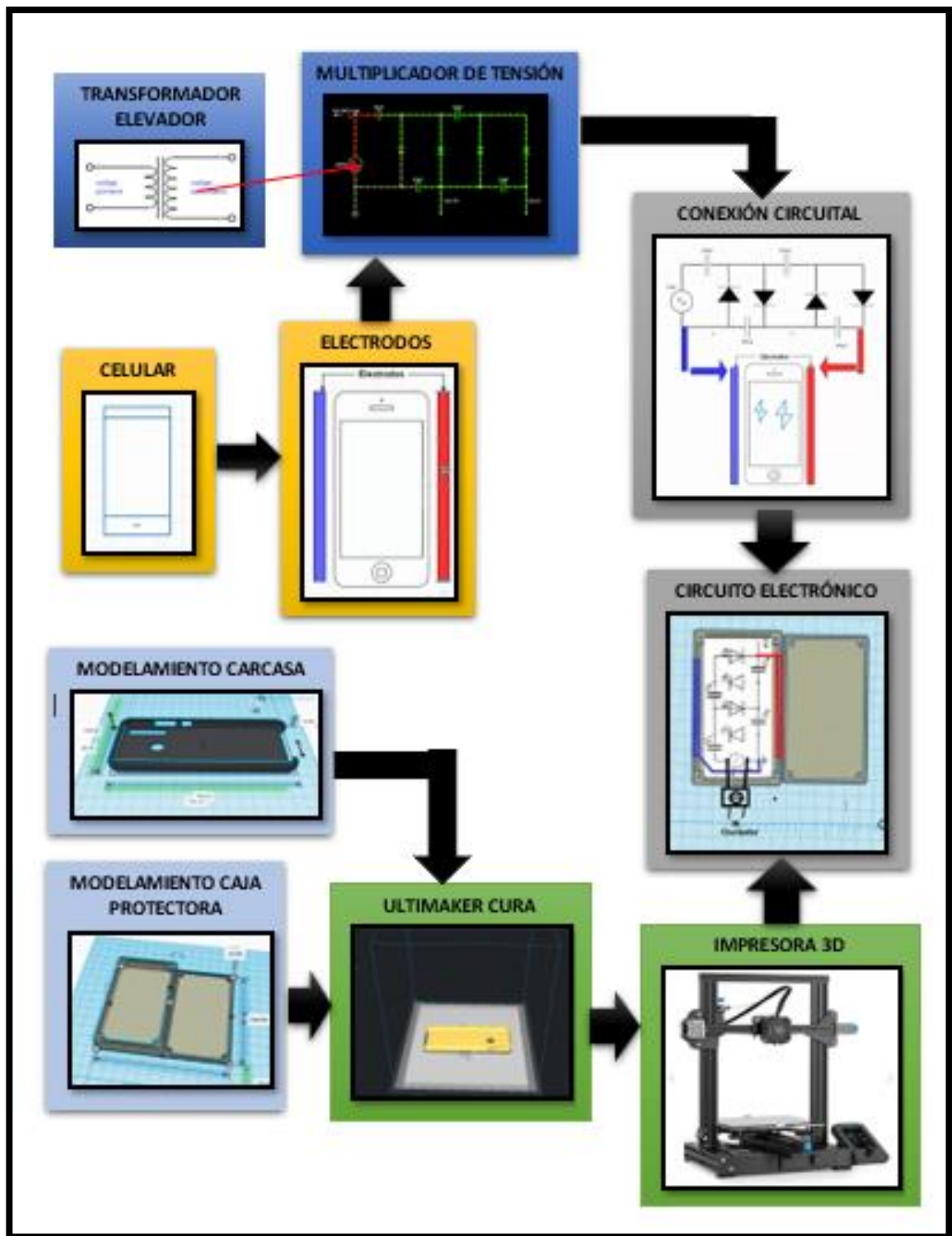
Figura 65: Disposición del Componente Circuital en la Caja Protectora



Fuente: Autor

Es válido resaltar, que este dispositivo de efecto tipo Táser, es únicamente un método antirrobo y no un arma de descarga eléctrica para ataque o defensa, donde se busca que una persona ajena al celular del propietario lo robe y que al tomarlo este sea soltado inmediatamente por la descarga, con este dispositivo no se pretende atacar a una persona, ya que no es arma de ataque, sino dispositivo de protección al aparato hurtado. Para que no haya una auto descarga eléctrica por parte del usuario o propietario, este dispositivo, dentro de las funciones del celular, tendrá la forma de activar o desactivar redireccionada al circuito integral del Sistema Efecto Táser, asegurando que no haya una auto flagelación.

Figura 66: Modelo Global del Circuito y Prototipado.



Fuente: Autor

8. CONCLUSIONES

Se desarrolló un sistema Táser en un dispositivo de comunicación móvil como método antirrobo a través de un Sistema de Multiplicación de Tensión, simulado en diferentes software de simulación circuital preponderante en la tensión de salida, arrojando el voltaje esperado.

Se aplicaron los softwares de simulación basados en Proteus y Falstad para el análisis de conversión de los voltajes de entrada y salida con el fin de obtener los valores correspondientes a la tabla de corrientes y diseño de las tensiones soportados por el ser humano y sus respectivos efectos (Tabla 1 – Página 33).

Se evidenció que el sistema Táser no es más que un diseño circuital de descargas eléctricas a través de un oscilador, un transformador elevador y un multiplicador de tensión, comprobado según la simulación por medio de las diferentes etapas que arrojaban voltajes picos mayores, malla por malla.

Se analizó la revisión bibliográfica de acuerdo al marco teórico del documento, basado en la aplicación y funcionalidad del Sistema Táser y sus componentes, para la creación de un prototipo conceptual.

Se determinaron todos los elementos y etapas que conforman el Sistema Táser para producir la descarga eléctrica esperada de alto voltaje y baja corriente basado en el oscilador, los transistores de potencia, el transformador elevador y el multiplicador de tensión.

Se diseñó un prototipo de carcasa a través de software de modelamiento en 3D como Tinkercad, software de preparación de modelos para impresión 3D Ultimaker Cura e impresora de modelamiento 3D Creality Ender 3 V2, según dimensiones que se ajustan a las características del circuito.

Se simuló el circuito electrónico a través de las simulaciones en los software mencionados, donde se presentan las etapas funcionales del mismo, con un paso a paso que direccionó al diseño del prototipo, integrando circuitalmente todo el sistema y finiquitando en un modelo global de prototipado.

Este DDC (Dispositivo de Descarga por Contacto) que genera una descarga eléctrica al momento de ser tomado por el maleante o persona ajena al aparato móvil, está dada por la intensidad, la tensión, la frecuencia de la descarga aplicada,

el tiempo de aplicación sobre el cuerpo, el recorrido de la corriente por el cuerpo (lugar de aplicación), la superficie y presión de contacto.

Los efectos perjudiciales en el cuerpo, están dados por el paso de la corriente a través de él, pero para que esto suceda, debe existir o se debe provocar una diferencia de potencial suficiente entre dos puntos corporales, para que aparezca la corriente entre dichos puntos. Caso contrario es, cuando todo el cuerpo está a un mismo potencial, no hay paso de corriente ni efectos perjudiciales.

La naturaleza de la electricidad es un factor preponderante para lograr el efecto Táser deseado en el aparato móvil por la relación E/S (Entrada en DC y Salida en AC). La AC se produce por la aplicación de etapas o mallas de la tensión entre valores positivos y valores negativos, generando el paso de la corriente alterna, mientras que la DC se produce por la aplicación de una tensión entre dos puntos, generando la corriente continua siempre en el mismo sentido.

Según la simulación realizada con los cálculos de la impedancia resistiva del cuerpo humano de $2,5\text{ K}\Omega$ y las diferentes características de este como estado fisiológico, patológico, psicológico, sistémico, físico, emocional y demás, a través de la Ley de Ohm, se pudo generar de forma controlada, la descarga eléctrica acorde a la tabla resistiva del cuerpo humano, generando una descarga eléctrica de $9,5\text{ mA}$ al momento del individuo hacer contacto con el aparato de comunicación móvil.

Para determinar los parámetros del Sistema Efecto Táser y garantizarlo, según los elementos que lo componen como el oscilador, el elevador de tensión y demás componentes, se hizo necesario generar una capacidad de corriente, ya que el voltaje por sí solo no garantiza tal efecto, por lo que los valores de descarga están delimitados, para no llegar a afectar la salud de las personas que reciben dicha descarga y que no pase de ser un dispositivo no letal a un arma letal. Se trabajó sobre tales valores de 4vp (620 v) y 10 mA , que reposan en la Tabla 1 – Pág. 33.

Debido al momento presentado por factores pandémicos y sociales, el desarrollo de la implementación del circuito se vio afectado considerablemente, por lo que fue imposible el uso de los laboratorios de electrónica de la Universidad Católica de Colombia, dándole por consiguiente un vuelco imperioso a la necesidad de simular todo el proceso de Trabajo de Grado, a fin de dar cumplimiento a dicho proyecto.

9. RECOMENDACIONES

Dado la eventualidad de los hechos que se han presentado y que no han permitido un acercamiento físico a las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia, las pruebas de laboratorio se vieron truncadas para la comprobación de lo realizado en las simulaciones. Por tal razón queda abierta la posibilidad de implementar una segunda fase que se enmarque en el prototipado físico del proyecto.

En términos generales, la implementación del circuito para lograr el efecto deseado, se basa en el principio de un transformador elevador o multiplicador de tensión, que de manera simulada e instructiva queda consignada en el documento, el paso a paso mostrado aquí, ayudará a realizar pruebas y montaje en el laboratorio, contando allí con todos los implementos de trabajo necesarios para que, con ensayos pruebas y errores den feliz término a lo requerido como validación experimental.

En términos personales, me queda una gran expectativa de comprobación que lo realizado en el documento esté acorde a la realidad de lo esperado y que según el trabajo a conciencia que he realizado, podría expresar un margen de error aceptable, lo que me lleva a enfatizar mi intención de dar continuidad a este proyecto que desde su concepción lo dimensioné como modelo y oportunidad de negocio.

Para una segunda fase del presente Trabajo de Grado, queda abierta la posibilidad de implementar una etapa fundamental del proyecto, enfocado al sistema de identificación entre usuario o dueño del aparato móvil y el individuo maleante, que garantice que el Efecto Táser no sea aplicado al dueño del móvil. Esta etapa no se pudo llevar a cabo, dada las circunstancias pandémicas y sociales que acontecieron en el transcurso del semestre y que impidieron la realización de estas prácticas en laboratorio.

Por último, quedan abiertas las puertas de este proyecto para engrandecerlo con las etapas que sean necesarias, a fin que se logre mitigar en algo esa contaminación social como lo es el hurto, robo, atraco o demás modalidades existentes a los celulares.

BIBLIOGRAFÍA

ABAX. “¿Conoces TinkerCAD? Te hacemos una introducción a este software”. Julio 30 2020. Internet: <https://abax3dtech.com/2020/07/30/tinkercad-te-hacemos-una-introduccion/>

AGUILAR PALLARÉS, A. MORANTE BARRAGÁN, J.F. NOVELLE RODRÍGUEZ, M. SUBIRANA DOMÉNECH, M. Electronic control devices: ¿What is known? What is unknown? Julio/diciembre 2.013. Vol. 19. No. 3-4 Málaga. Internet: <https://dx.doi.org/10.4321/S1135-76062013000200003>

ARROW 3D. “Impresora 3D Creality Ender 3 V2”. 2.021. Internet: <https://arrowti3d.com/impresora-3d-creality-ender-3-v2>

CUADERNOS DE MEDICINA FORENSE. "Armas eléctricas: ¿Qué sabemos? ¿Qué ignoramos?" Málaga Julio/dic. 2013. Versión online ISSN 1.988-611X-Versión impresa ISSN 1135-7606. Internet: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062013000200003

DYER, NICOLE. THE SHOCK BULLET INSIDE THE SHELL A shotgun slug replaces lead with electronics to deliver a nasty but non-lethal jolt. LA BALA DE CHOQUE DENTRO DEL SHELL Una bala de escopeta reemplaza el plomo con electrónica para dar una sacudida desagradable pero no letal.

EL NUEVO SIGLO. “A diario roban 323 celulares en el país”. 06 Sept. 2.020. Internet: <http://elnuevosiglo.com.co/articulos/06-2020-al-diario-roban-323-celulares-en-el-pais>

EL TIEMPO. “¿Seguros o peligrosos?: Esto dicen en el mundo sobre los Táasers.” 09 Sept. 2.020. Internet: <http://eltiempo.com/cultura/gente/Javier-ordonez-uso-de-taser-que-dicen-organizaciones-internacionales-537228>

EL TIEMPO. “Policías Sólo Pueden Usar Las Táser Después de Hacer Taller.” Internet: <https://www.eltiempo.com/justicia/servicios/taser-x2-el-arma-que-habria-usado-la-policia-en-procedimiento-contrabogado-536877>

ECURED. “Electrodo”. Internet: <https://www.ecured.cu/Electrodo-Es-un-conductor-electrico-utilizado-para-dene-etc>.

ENERXIA.NET. “Energías Renovables y Electrotecnia”. 20 Abril 2.021. Internet: <https://www.enerxia.net/portal/index.electronica-proteus-simulador-digital-y-analogico>.

HO, JEFFREY D, MD. MINER, JAMES R, MD. LAKIREDDY, DHANUNJAYA R, MD. BULTMAN, LAURA L, MD, HEEGAARD, WILLIAM G, MD, MPH. Cardiovascular and Physiologic Effects of Conducted Electrical Weapon Discharge in Resting Adults - Efectos cardiovasculares y fisiológicos de la descarga de armas eléctricas conducidas en adultos en reposo.

INFO TECHNOLOGY. "Cómo son y Cómo Funcionan las Nuevas Pistolas Táser del Gobierno". 16 de enero de 2019. Internet: <https://www.infotechnology.com/gadgets/Como-son-y-como-funcionan-las-nuevas-pistolas-Taser-del-gobierno-20190104-0003.html>

INGENIERÍA MECAFÉNIX. "La Enciclopedia de la Ingeniería". 8 de febrero de 2018. Internet: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/transformador-electrico/>

INSTRUCTABLES WORKSHOP "Usando el circuito simulador de Falstad". 2021. Internet: <https://www.instructables.com/Using-Falstads-Circuit-Simulator/>

ISASTUR. "Manual de Seguridad - Riesgos Eléctricos". 2010. Internet: https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/1/1_5_3_3.htm

J. PÉREZ PORTO Y M. MARINO. "Definición de Bobina". 1990. Internet: <https://definicion.de/bobina/>

KUNZ, S.N. GROVE, B.N. FISCHER, F. Acute pathophysiological influences of conducted electrical weapons in humans: A review of current literature - Influencias fisiopatológicas agudas de las armas eléctricas conducidas en humanos: una revisión de la literatura actual.

LAKKIREDDY, DHANUNJAYA. KHASNIS, ATUL. ANTENACCI, JENNIFER. RYSHCON, KAY. CHUNG, MINA K. WALLICK, DONALD. KOWALEWSKI, WILLIAM. PATEL, DIMPI. MLCOCHOVA, HANKA. KONDUR, ASHOK. VACEK, JAMES. MARTIN, DAVID. NATALE, ANDREA AND TCHOUB, PATRICK. ¿Do electrical stun guns (TASER-X26w) affect the functional integrity of implantable pacemakers and defibrillators? - ¿Las pistolas eléctricas de aturdimiento (TASER-X26w) afectan la integridad funcional de los marcapasos y desfibriladores implantables?

LEE, HARRY. JPSO Tasers Have Proven To Be A Near-Perfect Non-Lethal Weapon That Stuns - Los Táseres JPSO han demostrado ser un arma no letal casi perfecta que aturde.

LIMONCHI SANDOVAL, WILLIAM ERNESTO. "Condensador, ¿Qué Es y Para Qué Sirve?". 25 de dic. 2017. Internet: <https://medium.com/wels-theory/condensador-que-es-y-para-que-sirve-3a75da291eda>

MEJOR PISTOLA PARALIZANTE. "Recurso no.1 para pistolas paralizantes, pistolas taser y productos de autodefensa." 03 enero 2015. Internet: <https://www.beststungun.com/product/taser-gun-pistol-m26c/>

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. "Policía Nacional: Resolución Número 02903 Del 23 de junio de 2.017". Internet: <https://www.policia.gov.co/sites/default/files/resolucion-02903-uso-fuerza-empleo-armas.pdf>

MOTORES Y GENERADORES. "Tipos de Transformadores". 2.020. Internet: <https://motoresygeneradores.com/tipos-de-transformadores/>

NAYLAMP MECHATRONICS. "Módulo Cargador de Batería Litio TP4056 Micro-USB". 2.021. Internet: <https://naylampmechatronics.com/baterias/194-cargador-de-bateria-litio-tp4056-micro-usb.html>

NETPOL POLICE INSTITUTE. "El Táser: Historia, Verdades y Mitos." U.S. 5 Jul. 2018. Internet: <https://netpol.es/blog/2018/07/el-taser-historia-verdades-y-mitos/>

NOTICIAS CARACOL. "Cada día en Bogotá reportan el hurto de 142 teléfonos celulares." 06 agosto 2020. Internet: <https://noticias.caracoltv.com/bogota/cada-dia-en-bogota-reportan-el-hurto-de-142-telefonos-celulares>

OBJETIVO 05. 11 nov. 2.015. Ingeniero crea sistema antirrobo para celulares. Internet: <https://youtube.com/watch?v=zUe6HxwsDYA&list=RDCMUf0UMQBuHHABb4W1mUJz1Og&index=1>

PHONE SECURITY - Stun Guns. Business Source Complete.

PODERÍO MILITAR. "Los Marines Quieren Una Bala Táser." U.S. 02 sept. 2.018 Internet: <https://poderiomilitar-jesus.blogspot.com/2018/09/los-marines-quieren-una-bala-taser.html>

PRODUCTOS DE AUTODEFENSA. "Dispositivos Táser (Nueva versión – Descripciones detalladas y lista de precios)." 09 junio 2011. Internet: <https://selfdefenceproducts-cameras.blogspot.com/2011/06/taser-devices-new-version-detail.html>

QUOTULATIOUSSNESS. "Cartucho de Escopeta Táser." U.S. 29 sept. 2.010 Internet: <https://quotulatioussness.ca/blog/2010/09/29/taser-shotgun-shell/>

R. JOSÉ LUIS. TEMA ASTRA PARA WORDPRESS. "Como Funciona un Transformador". 2020. Internet: <https://como-funciona.co/un-transformador/>

SHOKE DEFENSA Y SEGURIDAD. "Una Visita que Puede Salvarte la Vida." U.S. Internet: [https:// www.tiendashoke.es/taser/pistola-electrica-taser-x2](https://www.tiendashoke.es/taser/pistola-electrica-taser-x2)

SINDICATO VASCO DE POLICÍA Y EMERGENCIAS. "Confederación de Seguridad Local". Internet: <http://svpe-ples.org/index.php/formacion/112-taser-uso-y-aclaraciones>

SINDICATO VASCO DE POLICÍA Y EMERGENCIAS. "Táser Uso y Aclaraciones". 2020. Internet: <https://www.svpe-ples.org/index.php/formacion/112-taser-uso-y-aclaraciones>

TÁSER X2 DEC. "La disuasión Efectiva y Responsable." U.S. Internet: <https://la.axon.com/productos/decs/taser-x2/>

TECNOLOGÍA. "Condensador". Internet: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

TEMA ASTRA PARA WORDPRESS. "Cómo Funciona: Una Bobina". 2020. Internet: [https:// como-funciona.co/una-bobina/](https://como-funciona.co/una-bobina/)

THE PROS AND CONS OF USING TASERS. Los pros y los contras usando Táser. Ioma's Security Director's Report.

TRESDPRO. "¿Qué es el material PLA?". Septiembre 9 de 2019. Internet: <https://tresdpro.com/que-es-el-material-pla/>

TURBOSQUID MODELO 3D. "Táser X12 Mossberg 500 Shotgun Modelo 3D por Xacuti." U.S. Internet: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/taser-x12-shotgun-model-1609770>

ULTIMAKER CURA. "Una excelente aplicación para preparar modelos para impresión 3D". 2021. Internet: <https://blog.desdelinux.net/ultimaker-cura-una-excelente-aplicacion-para-preparar-modelos-para-impresion-3d/>

VILLAMIL, ALEJO. MELISSA, ANDREA. Plan de negocio: Forros para celulares con descarga eléctrica, que alerta robos por cosquilleo con tecnología de bluetooth (Proyecto de grado). Universidad De Los Andes. Bogotá. Internet: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14844/u753741.pdf?sequence=1>

WEBLAB.DEUSTO.ES "Uso del simulador Falstad para circuitos electrónicos". 2021. Internet: https://weblab.deusto.es/olarex/cd/UD/OhmLaw_ES_Final/uso_del_simulador_falstad_para_circuitos_electrnicos.html.

WOMEN ON GUARD. "Regalo del día de la madre: Taser C2-Paquete fashion pink gold" 05 mayo 2016. Internet: <https://www.womenonguard.com/blog/category/tasers/taser-c2/>